



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105556828 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 04

(21) 申请号 201480051663. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 09. 19

H02P 6/182(2016. 01)

H02P 21/32(2016. 01)

(30) 优先权数据

2013-195178 2013. 09. 20 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 03. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/074843 2014. 09. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/041321 JA 2015. 03. 26

(71) 申请人 日立汽车系统株式会社

地址 日本茨城县

(72) 发明人 羽野诚己

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 郑海涛

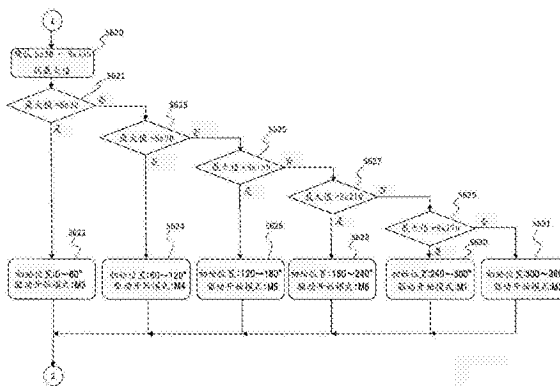
权利要求书2页 说明书18页 附图22页

(54) 发明名称

3 相无刷电动机的驱动装置

(57) 摘要

本发明在以无传感器方式驱动 3 相无刷电动机的驱动装置中,可进行无刷电动机的初始位置的检测,可以不进行定位处理而开始电动机驱动。在通过依次切换从 3 相中选择通电的 2 个相的 6 种通电模式来驱动无刷电动机的装置中,在驱动开始前,不使电动机旋转地依次进行 6 种通电模式下的通电,在各个通电模式下获取开路相的电动势,对通电模式的规定的组合的每一个求电动势的差,根据求出的电动势差中的最大值,估计无刷电动机的初始位置对应于被区分为 6 个的区域的哪一个。



1. 一种3相无刷电动机的驱动装置，

在无刷电动机的3相中的任意1相和其它的2相之间进行通电，使得所述1相的电流为正和负，根据所述1相的电流为正时的开路相的电动势和所述1相的电流为负时的开路相的电动势之差，检测所述无刷电动机的初始位置。

2. 如权利要求1所述的3相无刷电动机的驱动装置，

根据求出了所述电动势差的多个组合之间的所述电动势差的偏差，检测所述无刷电动机的初始位置。

3. 如权利要求2所述的3相无刷电动机的驱动装置，

为通过依次切换在所述3相中选择通电的2个相的6种通电模式，驱动所述无刷电动机的结构，

依次进行所述6种通电模式下的通电，在各个通电模式下检测开路相的电动势，对所述通电模式的6种组合的每一个求出所述电动势差，根据6个所述电动势差，检测所述无刷电动机的初始位置对应于被区分为6个的区域中的哪一个。

4. 如权利要求3所述的3相无刷电动机的驱动装置，

对所述6个电动势差的12种组合的每一个，求电动势差相互间的12个差分，比较所述12个差分，检测所述无刷电动机的初始位置对应于被区分为12个的区域的哪一个。

5. 如权利要求3所述的3相无刷电动机的驱动装置，

在不发生所述无刷电动机的旋转扭矩的时间内获取所述开路相的电动势。

6. 如权利要求3所述的3相无刷电动机的驱动装置，

为通过依次切换在所述3相中选择通电的2个相的6种通电模式，驱动所述无刷电动机的结构，

根据所述无刷电动机的初始位置，选择开始所述无刷电动机的驱动时的通电模式，在该通电模式下仅通电了规定时间后，切换为下一个通电模式，起动所述无刷电动机。

7. 如权利要求3所述的3相无刷电动机的驱动装置，

根据对所述6种组合的每一个求出的电动势差的最大值，检测所述无刷电动机的初始位置。

8. 如权利要求3所述的3相无刷电动机的驱动装置，

根据对所述6种组合的每一个求出的电动势差的最小值，检测所述无刷电动机的初始位置。

9. 如权利要求3所述的3相无刷电动机的驱动装置，

设定用于所述初始位置的检测的通电的占空比，使得求所述电动势差的多个组合之间的所述电动势差的偏差超过规定值。

10. 如权利要求3所述的3相无刷电动机的驱动装置，

在与所述无刷电动机的初始位置对应的通电模式下电动机起动后，在判定为所述开路相的电动势的电平为与切换后的通电模式对应的电平时，执行第1次的通电模式的切换，在判定了所述开路相的电动势的电平从与切换前的通电模式对应的电平变化至与切换后的通电模式对应的电平时，执行第2次以后的通电模式的切换。

11. 如权利要求1所述的3相无刷电动机的驱动装置，

以所述无刷电动机的旋转速度为包含停止状态的规定低速度域为条件，实施基于所述

电动势差的初始位置的检测。

12. 如权利要求3所述的3相无刷电动机的驱动装置，

在开始所述3相无刷电动机的驱动之前，不使所述3相无刷电动机旋转，而在各通电模式下仅在规定时间内施加电压，获取非通电相的电动势，根据所得的电动势检测所述3相无刷电动机的初始位置。

13. 如权利要求1所述的3相无刷电动机的驱动装置，

根据作为规定范围内的所述电动势差检测所述无刷电动机的初始位置。

14. 如权利要求13所述的3相无刷电动机的驱动装置，

根据所述无刷电动机的温度变更所述规定范围。

15. 一种3相无刷电动机的初始位置检测方法，

在无刷电动机的3相中的任意的1相和其它的2相之间进行通电，使得所述1相的电流为正和负，根据所述1相的电流为正时的开路相的电动势与所述1相的电流为负时的开路相的电动势之差，检测所述无刷电动机的初始位置。

## 3相无刷电动机的驱动装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及3相无刷电动机的驱动装置,具体来说,涉及检测3相无刷电动机的初始位置的技术。

### 背景技术

[0002] 在专利文献1中公开了,在通过切换从3相无刷电动机的3相中选择通电的2个相的6种通电模式驱动3相无刷电动机的驱动装置中,根据非通电相的端子电压和基准电压的比较结果,依次切换所述通电模式的无传感器控制。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本专利特开2009-189176号公报

### 发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 但是,在以无传感器控制方式驱动无刷电动机的情况下,需要在开始驱动时掌握磁极位置(电动机的初始位置)来决定通电模式,例如,有进行在开始驱动之前对任意的相进行通电,从而将磁极位置固定在规定位置的定位处理的情况。

[0008] 但是,存在在定位处理中,为了使电动机旋转而停止至规定的初始位置,在电动机的惯量大时,至定位处理结束为止(至电动机停止为止)的时间变长,实际的驱动开始相对于电动机驱动要求延迟的问题。

[0009] 本发明是鉴于上述问题点而完成的,目的是提供可以进行无刷电动机的初始位置的检测(估计),不进行定位处理地开始电动机驱动的3相无刷电动机的驱动装置。

[0010] 用于解决课题的手段

[0011] 因此,在本申请发明中,在无刷电动机的3相中的任意的1相与其它2相之间进行通电,使得所述1相的电流为正以及为负,根据所述1相的电流为正时的开路相的电动势与所述1相的电流为负时的开路相的电动势之差,检测所述无刷电动机的初始位置。

[0012] 发明的效果

[0013] 按照上述发明,所述电动势差的电平根据磁极位置变化,所以能够根据所述电动势差估计无刷电动机停止的位置(初始位置),能够使电动机驱动响应良好地开始,而不进行定位处理。

### 附图说明

[0014] 图1是表示本发明的第1实施方式中的液压泵系统的结构的方框图。

[0015] 图2是表示本发明的第1实施方式中的电动机控制装置以及无刷电动机的结构的电路图。

[0016] 图3是表示本发明的第1实施方式中的控制单元(unit)的功能方框图。

[0017] 图4是表示本发明的第1实施方式中的各通电模式的切换角度以及各通电模式中的通电相、通电方向的定时图。

[0018] 图5是表示本发明的第1实施方式中的电动油泵(oil pump)(无刷电动机)的驱动控制的主例程的流程图。

[0019] 图6是表示本发明的第1实施方式中的初始位置的估计处理的流程图。

[0020] 图7是表示本发明的第1实施方式中的初始位置的估计处理的流程图。

[0021] 图8是表示本发明的第1实施方式中的初始位置的估计处理的流程图。

[0022] 图9是表示求出本发明的第1实施方式中的脉冲感应电压之差的通电模式的组合图案的图。

[0023] 图10是用于说明本发明的第1实施方式中的初始位置的检测处理的特性的图。

[0024] 图11是例示本发明的第1实施方式中的初始位置与驱动开始时的通电模式下的励磁角度的相关的图。

[0025] 图12是例示本发明的第1实施方式中的初始位置与驱动开始时的通电模式下的励磁角度的相关的图。

[0026] 图13是例示本发明的第1实施方式中的初始位置与驱动开始时的通电模式的切换处理的图。

[0027] 图14是用于说明为了实施用于本发明的第1实施方式中的电动势检测的最低占空比下的通电的脉冲偏移控制的定时图。

[0028] 图15是用于说明在本发明的第1实施方式中的脉冲偏移控制下降低了平均占空比时的电动势差的特性的图。

[0029] 图16是表示本发明的第1实施方式中的电动机旋转导致的磁通的变化、与通电导致的磁通的饱和方向的图。

[0030] 图17是表示本发明的第1实施方式中的每个电动机角度的磁饱和电压的图。

[0031] 图18是用于说明在本发明的第1实施方式中的脉冲偏移控制下提高了平均占空比时的电动势差的特性的图。

[0032] 图19是表示本发明的第2实施方式中的无刷电动机的结构的图。

[0033] 图20是用于说明本发明的第2实施方式中的初始位置的检测处理的特性的图。

[0034] 图21是表示本发明的第2实施方式中的初始位置的估计处理的流程图。

[0035] 图22是表示本发明的第2实施方式中的初始位置的估计处理的流程图。

[0036] 图23是用于说明本发明的第3实施方式中的初始位置的检测处理的特性的图。

[0037] 图24是表示本发明的第3实施方式中的初始位置的估计处理的流程图。

[0038] 图25是用于说明本发明的第4实施方式中的电动势差的特性的图。

[0039] 图26是用于说明本发明的第4实施方式中的初始位置的检测处理的特性的图。

## 具体实施方式

[0040] 以下,说明本发明的实施方式。

[0041] 图1是作为本发明的无刷电动机的驱动装置的一例,表示适用于构成汽车用的自动变速器的液压泵系统的无刷电动机的例子。

[0042] 作为对变速机构(TM)7和传动器(actuator)8供油的油泵,图1所示的液压泵系统

具有由图外的发动机(内燃机)的输出驱动的机械式油泵6、和由无刷电动机2驱动的电动油泵1。

[0043] 并且,电动油泵1例如在发动机由于怠速停止而停止时(即,机械式油泵6停止时)动作,进行对变速机构7和传动器8的供油,抑制怠速停止中的油压的降低。

[0044] 驱动电动油泵1的无刷电动机(3相同步电动机)2通过作为驱动装置的电动机控制装置(MCU)3进行控制。

[0045] 电动机控制装置3根据来自AT控制装置(ATCU)4的指令,对无刷电动机2进行驱动控制。

[0046] 电动油泵1经由油配管5,将油盘10的油提供给变速机构7和传动器8。

[0047] 在发动机运转中,由发动机驱动的机械式油泵6动作,从机械式油泵6对变速机构7和传动器8供油,这时,无刷电动机2为关闭(off)状态(停止状态),通过逆止阀11截断朝向电动油泵1的油的流过。

[0048] 另一方面,在发动机由于怠速停止而暂时停止时,机械式油泵6停止,油配管9内的油压降低,所以AT控制装置4在发动机由于怠速停止而停止时,将电动机起动的指令发送到电动机控制装置3。

[0049] 接受了电动机起动指令的电动机控制装置3使无刷电动机2起动,使电动油泵1旋转,开始基于电动油泵1的油的压送。

[0050] 然后,机械式油泵6的吐出压降低,另一方面,在电动油泵1的吐出压超过设定压时逆止阀11开阀,通过油配管5、电动油泵1、逆止阀11、变速机构7、传动器8、油盘10的路径,油进行循环。

[0051] 而且,上述的汽车用自动变速器的液压泵系统是适用无刷电动机的系统的一例,可以在将无刷电动机作为传动器使用的各种系统中适用本申请发明的驱动装置。

[0052] 例如,无刷电动机可以设为在混合车辆等中驱动用于发动机的冷却水的循环的电动水泵的无刷电动机,无刷电动机驱动的设备不限于油泵,而且,也不将无刷电动机限定于在汽车中安装的电动机。

[0053] 图2是表示无刷电动机2以及电动机控制装置3的一例的电路图。

[0054] 作为驱动无刷电动机2的驱动装置的电动机控制装置3包括:电动机驱动电路212和控制单元213,控制单元213在与AT控制装置4之间进行通信。控制单元213包含具有A/D变换器213a、微处理器(CPU、MPU等)的微计算机(微机)213b等而构成。

[0055] 无刷电动机2是3相DC无刷电动机,将星型连线的U相、V相以及W相的3相线圈215u、215v、215w设置在省略图示的圆筒状的定子上,在该定子的中央部形成的空间中可旋转地设置有永久磁铁转子(转子)216。

[0056] 电动机驱动电路212包括:将包含反向并联的二极管218a~218f构成的开关元件217a~217f进行3相桥接的电路;以及电源电路219。开关元件217a~217f例如由FET构成。

[0057] 开关元件217a~217f的控制端子(栅极端子)与控制单元213连接,控制单元213通过脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation:PWM)控制开关元件217a~217f的导通、截止,从而控制对无刷电动机2施加的电压。

[0058] 在PWM控制中,通过比较被设定为三角波的PWM定时器的值、与根据指令占空比(指令脉冲宽度)设定的PWM定时器设定值,检测使各开关元件217a~217f导通、截止的定时。

[0059] 控制单元213进行的无刷电动机2的驱动控制,以不使用检测转子的位置信息的传感器的无传感器方式进行,进而,控制单元213根据电动机旋转速度将无传感器驱动方式切换为正弦波驱动方式和矩形波驱动方式。

[0060] 正弦波驱动方式是对各相施加正弦波电压从而驱动无刷电动机2的方式。在该正弦波驱动方式中,从因转子旋转而发生的感应电压(速度电动势)得到转子的位置信息,另一方面,在基于速度电动势的转子位置的检测周期期间,根据电动机旋转速度估计转子位置,由估计出的转子位置和PWM占空比计算3相输出设定值,根据相间电压之差控制电流朝向和强度,使3相交流电流在各相中流过。

[0061] 而且,矩形波驱动方式是通过规定的转子位置的每一个依次切换在3相中施加脉冲电压的2相的选择图案(通电模式),驱动无刷电动机2的方式。

[0062] 在该矩形波驱动方式中,通过对通电相施加脉冲状的电压,由非通电相中感应的电压(变压器电动势、脉冲感应电压)获得转子的位置信息,检测作为通电模式的切换定时的角度位置。

[0063] 这里,在正弦波驱动方式中,为了进行位置检测而检测的速度电动势,伴随电动机旋转速度的降低,输出电平也降低,所以在低旋转区域中位置检测的精度降低。另一方面,在矩形波驱动方式中,为了进行位置检测而检测的脉冲感应电压,在包含电动机停止状态的低旋转区域中也能够检测,所以即使在低旋转区域中也可以维持位置检测的精度。

[0064] 因此,在通过正弦波驱动方式可以以足够的精度检测位置信息的高旋转区域,即,电动机旋转速度高于设定值的区域中,控制单元213以正弦波驱动方式控制无刷电动机2。

[0065] 而且,在通过正弦波驱动方式不能以足够的精度检测位置信息的低旋转区域中,控制单元213以矩形波驱动方式控制无刷电动机2。而且,在通过正弦波驱动方式不能以足够的精度检测位置信息的低旋转区域中,包含电动机旋转速度低于设定值的区域,以及电动机起动时。

[0066] 进而,在无刷电动机2的PWM控制中,控制单元213例如根据电动机旋转速度的检测值和目标电动机旋转速度的偏差决定PWM控制的占空比,使实际的电动机旋转速度接近目标电动机旋转速度。

[0067] 以下,详细叙述控制单元213实施的、矩形波驱动方式中的无刷电动机2的驱动控制。

[0068] 图3是控制单元213的功能方框图。

[0069] 控制单元213包括:PWM发生单元251;栅极信号切换单元252;通电模式决定单元253;比较单元254;电压阈值切换单元255;电压阈值学习单元256;以及非通电相电压选择单元257。

[0070] PWM发生单元251根据施加电压指令(指令电压),生成被脉冲宽度调制后的PWM波。

[0071] 通电模式决定单元253是输出决定电动机驱动电路212的通电模式的模式指令信号的设备,以比较单元254输出的模式切换触发信号作为触发,将通电模式切换为6种。

[0072] 所谓通电模式,表示在无刷电动机2的U相、V相、W相的3相中施加脉冲电压的2相的选择图案,由从U相至V相流过电流的第1通电模式M1、从U相至W相流过电流的第2通电模式M2、从V相至W相流过电流的第3通电模式M3、从V相至U相流过电流的第4通电模式M4、从W相至U相流过电流的第5通电模式M5、从W相至V相流过电流的第6通电模式M6的6种通电模式构

成。

[0073] 然后,通电模式决定单元253根据比较单元254输出的模式切换触发信号,输出对第1通电模式M1~第6通电模式M6的其中一个进行指令的模式指令信号。

[0074] 栅极信号切换单元252根据通电模式决定单元253的输出即模式指令信号决定电动机驱动电路212的各开关元件217a~217f以哪样的动作进行开关,按照该决定将6个栅极脉冲信号输出到电动机驱动电路212。

[0075] 电压阈值切换单元255根据通电模式,依次切换并输出通电模式的切换定时的检测中使用的电压阈值,阈值的切换定时根据通电模式决定单元253的输出即模式指令信号来决定。

[0076] 非通电相电压选择单元257按照模式指令信号,从无刷电动机2的3相端子电压 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ 中选择非通电相的电压的检测值,输出到比较单元254以及电压阈值学习单元256。

[0077] 而且,非通电相的端子电压,严格来说是地GND—端子间的电压,但是在本实施方式中,检测中性点的电压,求出该中性点的电压和地GND—端子间电压之差,设为端子电压 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ 。

[0078] 而且,中性点的电压也可以是将地GND—电源电压间进行了1/2倍后的电压。

[0079] 比较单元254通过比较电压阈值切换单元255输出的阈值、和非通电相电压选择单元257输出的非通电相的电压检测值(脉冲感应电压的检测值),检测通电模式的切换定时,换言之,检测是否成为了切换通电模式的转子位置(磁极位置),在检测到切换定时时,向通电模式决定单元253输出模式切换触发。

[0080] 而且,电压阈值学习单元256是更新并存储通电模式的切换定时的判定中使用的阈值的设备。

[0081] 非通电相(开路相)的脉冲感应电压由于无刷电动机2的制造偏差,电压检测电路的检测偏差等而变动,因此如果使用固定值作为阈值,则存在错误判定通电模式的切换定时的可能性。

[0082] 因此,电压阈值学习单元256检测进行通电模式的切换的规定磁极位置下的脉冲感应电压,根据该检测结果实施修正电压阈值切换单元255存储的阈值的阈值的学习处理。

[0083] 如前所述,通电模式由6种通电模式M1~M6构成,在矩形波驱动方式中,在以电角60deg(度)间隔设定的切换角度位置依次切换这些通电模式M1~M6,通过依次切换3相中施加脉冲电压(脉冲状的电压)的2相,驱动无刷电动机2。

[0084] 如图4所示,控制单元213在将U相的线圈的角度位置设为转子(磁极)的基准位置(角度=0deg)时,在转子的角度位置(磁极位置)为30deg时进行从第3通电模式M3至第4通电模式M4的切换,在转子角度位置为90deg时进行从第4通电模式M4至第5通电模式M5的切换,在转子角度位置为150deg时进行从第5通电模式M5至第6通电模式M6的切换,在转子角度位置为210deg时进行从第6通电模式M6至第1通电模式M1的切换,在转子角度位置为270deg时进行从第1通电模式M1至第2通电模式M2的切换,在转子角度位置为330deg时进行从第2通电模式M2至第3通电模式M3的切换。

[0085] 控制单元213的电压阈值切换单元255将进行通电模式的切换的转子的角度位置下的非通电相的电压(脉冲感应电压)作为阈值可更新地存储,输出与此时的通电模式相应的阈值。



[0086] 比较单元254在非通电相的电压达到了阈值时,输出表示检测到实施至下一个通电模式的切换的角度的信号,根据该信号,通电模式决定单元253执行通电模式的切换。

[0087] 图5的流程图表示控制单元213进行的无刷电动机2(电动油泵1)的控制的主例程。控制单元213以每规定时间的中断方式,执行图5的流程图所示的主例程。

[0088] 在步骤S501中,控制单元213判断无刷电动机2(电动油泵1)的驱动条件是否成立。

[0089] 例如,可以在无刷电动机2的驱动条件中包含:无刷电动机2的电源电压超过规定电压、在各种诊断处理未对无刷电动机2和电动机驱动电路212检测出异常、无刷电动机2的电源继电器导通、有电动油泵1的驱动要求等。

[0090] 而且,在图1所示的液压泵系统的情况下,可以设为AT控制装置(ATCU)4判断电动油泵1的驱动条件的成立/非成立的结构,而且,也可以是从AT控制装置(ATCU)4获取了各种信息的电动机控制装置3(控制单元213)进行判断。

[0091] 而且,在无刷电动机2为驱动发动机的冷却水的循环中使用的电动水泵的电动机的情况下,例如,在发动机油温超过了设定温度的情况或发动机被启动的情况下等,电动机控制装置3(控制单元213)可以判断电动水泵的驱动要求的成立。

[0092] 控制单元213在步骤S501中判断驱动条件成立时,进至步骤S502,判断实施无刷电动机2的初始位置(驱动开始时刻下的磁极位置)的估计处理的条件是否成立。

[0093] 例如,估计处理以无刷电动机2的旋转速度为规定速度以下,换言之,由于转子旋转而发生的感应电压(速度电动势)为规定电压以下为条件,以便无刷电动机2在惯性旋转中途产生了驱动指令的情况下,不会发生从估计处理的开始至完成的期间,无刷电动机2旋转成对初始位置的估计产生影响的程度。

[0094] 即,上述的规定速度是,可以将初始位置的估计误差设为许容范围内的电动机旋转速度的上限值,所述规定电压是在上限旋转速度时发生的感应电压(速度电动势)。

[0095] 这里,规定速度可以设为:规定速度 $\geq 0$ rpm,在电动机停止状态或者估计处理所需要的时间下的磁极位置的变化足够小的低速旋转状态下,实施初始位置的估计处理。

[0096] 控制单元213在步骤S502中判断为实施初始位置的估计处理的条件不成立的情况,即,电动机旋转速度超过规定速度的情况下,反复步骤S502的处理,在判断为实施条件成立时(电动机旋转速度 $\leq$ 规定速度成立时)进至步骤S503。

[0097] 而且,控制单元213在步骤S502中判断为实施初始位置的估计处理的条件不成立的情况下,判断为不能进行初始位置的估计,并且实施可以使无刷电动机2旋转至规定位置固定的定位处理。

[0098] 在步骤S503中,控制单元213实施估计无刷电动机2的初始位置的处理,根据在该估计处理中估计出的初始位置,决定开始驱动时的通电模式,根据该决定开始无刷电动机2的驱动。

[0099] 然后,在无刷电动机2开始旋转时,控制单元213进至步骤S504,通过前述的无传感器控制,即,在低速区域以矩形波驱动方式,在高速区域以正弦波驱动方式驱动无刷电动机2。

[0100] 在图6~图8的流程图中表示的例程,表示图5的流程图的步骤S503中的初始位置估计以及驱动开始处理的细节。

[0101] 如说明初始位置估计处理的概要,则使无刷电动机2不旋转,依次进行在各通电模

式下的通电,在各通电模式获取在非通电相(开路相)中感应的电压(脉冲感应电压)。

[0102] 然后,以规定的组合求出通电模式间的脉冲感应电压之差,通过相互比较该差的电平,检测无刷电动机2的初始位置。

[0103] 首先,控制单元213在步骤S601中,将PWM占空比设定为初始位置估计用的占空比,开始第1通电模式M1下的通电,在下一个步骤S602中判断从通电开始起的时间是否达到了规定时间。

[0104] 所述规定时间是考虑了通电模式切换后的返流的电流(以下,简单称为返流)的影响的时间,在返流的影响变得足够小开始,实施步骤S603的电压获取处理。

[0105] 而且,初始位置估计用的占空比是考虑了电动机的旋转扭矩、如后所述的脉冲感应电压差(电动势差)、电压的A/D变换时间等的值,可以抑制用于初始位置估计的通电下无刷电动机2的角度变化,同时确保初始位置的估计灵敏度,进而,设定可作为进行非通电相的脉冲感应电压的检测的占空比。

[0106] 控制单元213在步骤S602判断为从通电开始起的时间达到了规定时间时,进至步骤S603,获取第1通电模式M1中的非通电相(开路相)即W相中感应的电动势(脉冲感应电压)的数据V<sub>ph1</sub>。

[0107] 控制单元213还对其它的通电模式实施与上述的步骤S601~步骤S603相同的处理,获取各个通电模式中非通电相中感应的脉冲感应电压的数据V<sub>ph</sub>。即,控制单元213每隔规定时间切换通电模式,对每个通电模式获取非通电相的脉冲感应电压的数据V<sub>ph</sub>。

[0108] 控制单元213在步骤S604~步骤S606中以第2通电模式M2进行通电,获取作为非通电相的V相中感应的脉冲感应电压的数据V<sub>ph2</sub>,在步骤S607~步骤S609中以第3通电模式M3进行通电,获取作为非通电相的U相中感应的脉冲感应电压的数据V<sub>ph3</sub>,在步骤S610~步骤S612以第4通电模式M4进行通电,获取作为非通电相的W相中感应的脉冲感应电压的数据V<sub>ph4</sub>,在步骤S613~步骤S615中,以第5通电模式M5进行通电,获取作为非通电相的V相中感应的脉冲感应电压的数据V<sub>ph5</sub>,在步骤S616~步骤S618中,以第6通电模式M6进行通电,获取作为非通电相的U相中感应的脉冲感应电压的数据V<sub>ph6</sub>。

[0109] 而且,在图6的流程图中表示的通电模式的切换处理中,以与电动机起动后的无传感器控制中的切换顺序相同的顺序,进行用于初始位置估计的通电模式的切换,但是作为通电模式的切换顺序,也可以设定初始位置估计专用的切换顺序。即,在初始位置估计中,由于要求不使无刷电动机2旋转,所以可以设定根据该要求,以难以发生旋转扭矩的顺序切换通电模式。

[0110] 在第3通电模式M3中,从V相向W相流过电流,在第6通电模式M6中,从W相向V相流过电流,所以线圈励磁磁通的角度成为相互反向的关系。同样,在第4通电模式M4和第1通电模式M1中线圈励磁磁通的角度相互反向,在第5通电模式M5和第2通电模式M2中,线圈励磁磁通的角度相互反向。

[0111] 进而,在第6通电模式M6下的线圈励磁磁通的角度和第4通电模式M4下的线圈励磁磁通的角度存在120deg不同,同样,第1通电模式M1下的线圈励磁磁通的角度和第5通电模式M5下的线圈励磁磁通的角度存在120deg不同,在第6通电模式M6和第4通电模式M4之间、第1通电模式M1和第5通电模式M5之间切换了通电模式的情况下的发生扭矩变小。

[0112] 因此,在初始位置的估计处理中,例如,可以按照第3通电模式M3→第6通电模式M6

→第4通电模式M4→第1通电模式M1→第5通电模式M5→第2通电模式M2的顺序进行通电模式的切换。

[0113] 如上述那样,控制单元213在各通电模式中获取非通电相中感应的脉冲感应电压的数据 $V_{ph1} \sim V_{ph6}$ 时,接着进至步骤S619,以下那样运算通电模式间的脉冲感应电压的差 $Sa_{30}$ 、 $Sa_{90}$ 、 $Sa_{150}$ 、 $Sa_{210}$ 、 $Sa_{270}$ 、 $Sa_{330}$ 。

[0114]  $Sa_{30} = V_{ph1} - V_{ph3}$

[0115]  $Sa_{90} = V_{ph4} - V_{ph2}$

[0116]  $Sa_{150} = V_{ph3} - V_{ph5}$

[0117]  $Sa_{210} = V_{ph6} - V_{ph4}$

[0118]  $Sa_{270} = V_{ph5} - V_{ph1}$

[0119]  $Sa_{330} = V_{ph2} - V_{ph6}$

[0120] 如上述那样,差 $Sa_{30}$ 是第1通电模式M1下的脉冲感应电压 $V_{ph1}$ 和第3通电模式M3下的脉冲感应电压 $V_{ph3}$ 之差,如图9(A)所示,在第1通电模式M1下从U相向V相流过电流,第3通电模式M3下,从V相向W相流过电流。

[0121] 即,进行通电,使得无刷电动机2的3相中的V相和其它的U相、W相之间,V相的电流为正和负,求出V相的电流为正时的非通电相的脉冲感应电压与V相的电流为负时的非通电相的脉冲感应电压之差。

[0122] 例如,如果将朝向中性点的方向设为正方向,将从中性点流出的方向设为负方向,在V相的电流为正时的非通电相的脉冲感应电压为第1通电模式M1下的作为非通电相W相中感应的电压 $V_{ph1}$ ,在V相的电流为负时的非通电相的脉冲感应电压为第3通电模式M3下的作为非通电相的U相中感应的电压 $V_{ph3}$ 。

[0123] 同样,在第4通电模式M4和第2通电模式M2的组合中,如图9(B)所示,在U相和其它的V相、W相之间进行通电,使得U相的电流为正和负,在第3通电模式M3和第5通电模式M5的组合中,如图9(C)所示,在W相和其它的V相、U相之间进行通电,使得W相的电流为正和负。

[0124] 而且,在第6通电模式M6和第4通电模式M4的组合中,如图9(D)所示,在V相和其它的U相、W相之间进行通电,使得V相的电流为正和负,第5通电模式M5和第1通电模式M1的组合中,如图9(E)所示,在U相和其它的V相、W相之间进行通电,使得U相的电流为正和负,在第2通电模式M2和第6通电模式M6的组合中,如图9(F)所示,在W相和其它的V相、U相之间进行通电,使得W相的电流为正和负。

[0125] 然后,在步骤S619中,控制单元213对上述那样的通电模式的每个组合,求脉冲感应电压的差 $Sa_{30}$ 、 $Sa_{90}$ 、 $Sa_{150}$ 、 $Sa_{210}$ 、 $Sa_{270}$ 和 $Sa_{330}$ 。

[0126] 图10(A)是对每一个通电模式表示初始位置(电动机停止位置)造成的脉冲感应电压的变化的图。

[0127] 在该图10(A)所示的例子中,例如在电动机角度为30deg下,在每个通电模式的脉冲感应电压 $V_{ph}$ 中,第1通电模式M1下的脉冲感应电压 $V_{ph1}$ 最大,第3通电模式下的脉冲感应电压 $V_{ph3}$ 最小,在其它通电模式下的脉冲感应电压 $V_{ph}$ 为第1通电模式M1下的脉冲感应电压 $V_{ph1}$ 和第3通电模式下的脉冲感应电压 $V_{ph3}$ 的中间值。

[0128] 因此,如图10(B)所示,在电动机角度30deg的情况下,从第1通电模式M1下的脉冲感应电压 $V_{ph1}$ 减去了第3通电模式M3下的脉冲感应电压 $V_{ph3}$ 的结果即差 $Sa_{30}$ ,大于其它的

组合下求出的脉冲感应电压 $V_{ph}$ 的差,在电动机角度 $30\text{deg}$ 下,差 $Sa_{30}$ 、 $Sa_{90}$ 、 $Sa_{150}$ 、 $Sa_{210}$ 、 $Sa_{270}$ 、 $Sa_{330}$ 中差 $Sa_{30}$ 为最大值。

[0129] 同样,在电动机角度 $90\text{deg}$ 下,从第4通电模式M4下的脉冲感应电压 $V_{ph4}$ 减去第2通电模式M2下的脉冲感应电压 $V_{ph2}$ 的结果即差 $Sa_{90}$ 为最大值,在电动机角度 $150\text{deg}$ 下,从第3通电模式M3下的脉冲感应电压 $V_{ph3}$ 减去第5通电模式M5下的脉冲感应电压 $V_{ph5}$ 的结果即差 $Sa_{150}$ 为最大值,在电动机角度 $210\text{deg}$ 下,从第6通电模式M6下的脉冲感应电压 $V_{ph6}$ 减去第4通电模式M4下的脉冲感应电压 $V_{ph4}$ 的结果即差 $Sa_{210}$ 为最大值,在电动机角度 $270\text{deg}$ 下,从第5通电模式M5下的脉冲感应电压 $V_{ph5}$ 减去第1通电模式M1下的脉冲感应电压 $V_{ph1}$ 的结果即差 $Sa_{270}$ 为最大值,在电动机角度 $330\text{deg}$ 下,从第2通电模式M2下的脉冲感应电压 $V_{ph2}$ 减去第6通电模式M6下的脉冲感应电压 $V_{ph6}$ 的结果即差 $Sa_{330}$ 为最大值。

[0130] 即,差 $Sa_{30}$ 、 $Sa_{90}$ 、 $Sa_{150}$ 、 $Sa_{210}$ 、 $Sa_{270}$ 和 $Sa_{330}$ 中的最大值每电动机角度 $60\text{deg}$ 进行替换,例如,在以电动机角度 $30\text{deg}$ 为中心的大致 $60\text{deg}$ 的角度范围(从电动机角度 $0\text{deg}$ 至 $60\text{deg}$ 的范围)中差 $Sa_{30}$ 为最大值。

[0131] 因此,通过差 $Sa_{30}$ 、 $Sa_{90}$ 、 $Sa_{150}$ 、 $Sa_{210}$ 、 $Sa_{270}$ 和 $Sa_{330}$ 中的哪一个为最大值,可以检测无刷电动机2的初始位置相当于每个 $60\text{deg}$ 的6个区域的哪一个。而且,每个 $60\text{deg}$ 的6个区域中的各中心电动机角度即 $30\text{deg}$ 、 $90\text{deg}$ 、 $150\text{deg}$ 、 $210\text{deg}$ 、 $270\text{deg}$ 和 $330\text{deg}$ ,也与由于齿槽转矩(cogging torque)停止电动机的位置一致,优选从该点出发,估计以这些各电动机角度为中心的角度区域,作为初始位置。

[0132] 而且,例如,在电动机角度 $30\text{deg}$ 下,如前所述,在每个通电模式的脉冲感应电压 $V_{ph}$ 中,第1通电模式M1下的脉冲感应电压 $V_{ph1}$ 最大,第3通电模式下的脉冲感应电压 $V_{ph3}$ 最小,所以在脉冲感应电压 $V_{ph1}\sim V_{ph6}$ 中脉冲感应电压 $V_{ph1}$ 为最大值的情况下,或者,脉冲感应电压 $V_{ph3}$ 为最小值的情况下,能够估计出无刷电动机2位于以电动机角度 $30\text{deg}$ 为中心的大致 $60\text{deg}$ 的角度范围内。

[0133] 但是,在设为了这样的结构的情况下,脉冲感应电压 $V_{ph1}\sim V_{ph6}$ 为相互接近的值,所以产生最大感应电压或者最小感应电压的检测错误,因此,存在初始位置的误检测的可能性。

[0134] 因此,通过设定在各角度区域中预计为最大值的通电模式下的脉冲感应电压 $V_{ph}$ 、与预计为最小值的通电模式下的脉冲感应电压 $V_{ph}$ 的组合,求出它们的差分,从而提高基于脉冲感应电压 $V_{ph}$ 的初始位置估计的分辨率。

[0135] 控制单元213在步骤S619中运算差 $Sa_{30}$ 、 $Sa_{90}$ 、 $Sa_{150}$ 、 $Sa_{210}$ 、 $Sa_{270}$ 和 $Sa_{330}$ 时,进至步骤S620,求出差 $Sa_{30}$ 、 $Sa_{90}$ 、 $Sa_{150}$ 、 $Sa_{210}$ 、 $Sa_{270}$ 和 $Sa_{330}$ 中的最大值。

[0136] 然后,控制单元213在下一个步骤S621中,判断是否将差 $Sa_{30}$ 检测作为最大值,在差 $Sa_{30}$ 为最大值的情况下,进至步骤S622,判断无刷电动机2的初始位置为 $0\text{deg}\sim 60\text{deg}$ 的范围内,进而,根据这样的初始位置的判定结果,选择第3通电模式M3作为开始无刷电动机2的驱动时的通电模式。

[0137] 另一方面,控制单元213在步骤S621判断差 $Sa_{30}$ 不是最大值时,进至步骤S623,判断是否将差 $Sa_{90}$ 检测作为最大值,在差 $Sa_{90}$ 为最大值的情况下进至步骤S624,判断为无刷电动机2的初始位置在 $60\text{deg}\sim 120\text{deg}$ 的范围内,进而,根据这样的初始位置的判定结果,选择第4通电模式M4作为开始无刷电动机2的驱动时的通电模式。

[0138] 而且,控制单元213在步骤S623中判断差Sa90不是最大值时,进至步骤S625,判断是否将差Sa150检测作为最大值,在差Sa150为最大值的情况下进至步骤S626,判断无刷电动机2的初始位置在120deg~180deg的范围内,进而,根据这样的初始位置的判定结果选择第5通电模式M5作为开始无刷电动机2的驱动时的通电模式。

[0139] 而且,控制单元213在步骤S625中判断差Sa150不是最大值时,进至步骤S627,判断是否将差Sa210检测作为最大值,在差Sa210为最大值的情况下进至步骤S628,判断无刷电动机2的初始位置为180deg~240deg的范围内,进而,根据这样的初始位置的判定结果,选择第6通电模式M6作为开始无刷电动机2的驱动时的通电模式。

[0140] 进而,控制单元213在步骤S627判断为差Sa210不是最大值时,进至步骤S629,判断是否将差Sa270检测作为最大值,在差Sa270为最大值的情况下进至步骤S630,判断无刷电动机2的初始位置为240deg~300deg的范围内,进而,根据这样的初始位置的判定结果,选择第1通电模式M1作为开始无刷电动机2的驱动时的通电模式。

[0141] 另一方面,控制单元213在步骤S629中判断为差Sa270不是最大值时,进至步骤S631,判断无刷电动机2的初始位置为300deg~360deg的范围内,进而,根据这样的初始位置的判定结果,选择第2通电模式M2作为开始无刷电动机2的驱动时的通电模式。

[0142] 而且,控制单元213在步骤S620中检测到差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中的多个表示最大值的情况下,判断为不能进行初始位置的估计,可以从根据初始位置估计开始电动机驱动的处理,转移到进行了无刷电动机2的定位处理后开始电动机驱动的处理。

[0143] 如以上那样,控制单元213根据差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中的最大值是在哪个通电模式的组合中算出的,检测无刷电动机2的初始位置相当于0deg~60deg、60deg~120deg、120deg~180deg、180deg~240deg、240deg~300deg、300deg~360deg的6个角度区段的哪一个。

[0144] 然后,如果检测到无刷电动机2的初始位置(停止位置),则决定对于从该初始位置开始驱动的最佳的通电模式。

[0145] 这里,在使无刷电动机2旋转至已知的角度而进行固定的定位处理的情况下,如果电动机惯量大,则直至无刷电动机2被固定在规定位置(收敛)为止需要时间,无刷电动机2的驱动开始延迟。相对于此,在上述的初始位置的检测(估计)处理中,不使无刷电动机2从停止位置旋转,而是进行各通电模式下的通电,根据通过这样的通电检测到的非通电相的脉冲感应电压估计初始位置(停止位置),所以可以不受电动机惯量的影响,响应良好地开始无刷电动机2的驱动。

[0146] 然后,如果能使无刷电动机2的驱动响应良好地开始,则在驱动油泵的无刷电动机2的情况下,例如可以使得对构成动力传递系统的离合器等摩擦卡合元件供给的油压响应良好地上升,改善开动性能等,而且,对摩擦卡合元件或齿轮等响应良好地供给润滑或冷却用的油从而可以改善润滑、冷却性能。

[0147] 控制单元213在步骤S601~步骤S631中进行初始位置的检测,并且根据初始位置决定驱动开始时的通电模式时,进至步骤S632,根据决定的驱动开始时的通电模式,开始对无刷电动机2的电压施加。

[0148] 然后,在下一个步骤S633中,控制单元213判断从开始电压施加起的经过时间是否

达到了规定时间。

[0149] 步骤S633的规定时间根据从电压施加的开始起,至无刷电动机2开始旋转为止的延迟时间来设定。即,设定所述规定时间,使得在从开始电压施加起的经过时间达到了规定时间的情况下,可以估计为无刷电动机2开始旋转。

[0150] 控制单元213在检测到开始电压施加起的经过时间达到了规定时间时,进至步骤S634,使通电模式按照无传感器控制中的顺序,从开始驱动时的通电模式切换到下一个通电模式。

[0151] 无传感器控制中的通电模式的切换顺序被设定为第1通电模式M1→第2通电模式M2→第3通电模式M3→第4通电模式M4→第5通电模式M5→第6通电模式M6,所以例如,在初始位置为0deg~60deg,且在第3通电模式M3下开始了驱动的情况下,控制单元213在进至步骤S634时从第3通电模式M3切换至第4通电模式M4。

[0152] 在步骤S634中切换了通电模式后,按照根据非通电相的电压与阈值的比较,检测通电模式的切换定时,依次切换通电模式的矩形波驱动方式来驱动无刷电动机2,如果电动机旋转速度快,则切换为正弦波驱动方式。

[0153] 控制单元213通过在步骤S632~步骤S634中,按照与初始位置相应的通电模式开始电压施加起经过了规定时间后进行通电模式的切换,从而可以根据以分辨率60deg检测到的初始位置,开始无刷电动机2的驱动。

[0154] 例如,如图11所示,在检测出差 $S_{a30}$ 为最大值且无刷电动机2的初始位置在0deg~60deg的范围内,将驱动开始时的通电模式设定为第3通电模式M3(励磁角度90deg)时,假定实际的初始位置为60deg的情况。

[0155] 这时,在根据非通电相的电压(脉冲感应电压)与阈值的比较,进行了从驱动开始时的通电模式至下一个通电模式的切换的情况下,虽然进行从第3通电模式M3至第4通电模式M4的切换的角度为30deg,但是实际的电动机角度为超过了该30deg的60deg,所以通电模式的切换条件不成立,不进行从第3通电模式M3至下一个第4通电模式M4的切换。

[0156] 另一方面,如图12所示,在检测出无刷电动机2的初始位置为0deg~60deg的范围内时,如果将驱动开始时的通电模式设定为第4通电模式M4(励磁角度150deg),则即使假设实际的初始位置为60deg,由于从第4通电模式M4至第5通电模式M5的切换角度为90deg,所以如果无刷电动机2从60deg的初始位置旋转至90deg,则基于非通电相的电压(脉冲感应电压)和阈值的比较的切换条件成立,进行从第4通电模式M4至第5通电模式M5的切换。

[0157] 但是,如果实际的初始位置设为0deg时,在励磁角度为150deg的第4通电模式M4下开始驱动时,发生的旋转扭矩小,所以在负载大的情况下,有无刷电动机2不旋转的可能性。

[0158] 对此,如图13所示,在检测出无刷电动机2的初始位置为0deg~60deg的范围内时,将驱动开始时的通电模式设为第3通电模式M3(励磁角度90deg),如果仅在规定时间进行这样的第3通电模式M3下的电压施加,从无刷电动机2开始旋转之后切换至第4通电模式M4,则可以不因实际的初始位置和负载地开始无刷电动机2的驱动。

[0159] 即,在检测出无刷电动机2的初始位置为0deg~60deg的范围内时,即使实际的初始位置为60deg,由于在从电压施加开始起的时间内控制从第3通电模式M3至下一个第4通电模式M4的切换,所以可以实施从第3通电模式M3至第4通电模式M4的切换。

[0160] 而且,在检测出无刷电动机2的初始位置为0deg~60deg的范围内时,即使实际的

初始位置为0deg,如果在第3通电模式M3(励磁角度90deg)下开始电压施加,则可以发生足够的旋转扭矩。

[0161] 而且,虽然在90deg的角度位置进行从第4通电模式M4至第5通电模式M5的切换,但即使实际的初始位置设为60deg,从这样的初始位置开始旋转,切换至第4通电模式M4之后,到达90deg的角度位置,所以可以根据非通电相的脉冲感应电压和阈值的比较进行从第4通电模式M4至第5通电模式M5的切换。

[0162] 在初始位置为0deg~60deg以外的情况下,不言而喻,也与上述的为0deg~60deg的情况相同处理,开始无刷电动机2的驱动。

[0163] 这里,上述的无传感器控制中的通电模式的切换,基本上检测从与非通电相(开路相)的电动势的切换前的通电模式对应的电平至与切换后的通电模式对应的电平的变化来进行。具体地说,检测输入开路相的电动势和阈值电压的比较单元254的输出从L(H)电平反转至H(L)电平来进行(输出脉冲的边缘的检测)。这是因为,在检测出电动势为对应于切换后的通电模式的电平时切换通电模式的方式(输出脉冲的电平检测)中,由于紧接通电模式的切换之后产生的返流,电动势会满足对应于下一个切换后的通电模式的电平的条件,可以避免在返流中切换通电模式。

[0164] 但是,在估计了初始位置时的、实际的初始位置中的电动势已经为对应于切换后的通电模式的电平的情况下,没有与切换对应的电平的变化的变化(比较单元254的输出脉冲的电平固定),所以通电模式不切换。

[0165] 例如,在初始位置估计后,检测出无刷电动机2的初始位置为0deg~60deg的范围内时,在实际的初始位置超过30deg的情况下,不进行从第3通电模式M3至第4通电模式M4的切换。

[0166] 因此,限于初始位置估计后的第1次的通电模式的切换,进行检测电动势的电平为对应于切换后的通电模式的电平而切换通电模式的基于电平检测的切换,第2次以后的通电模式的切换,通过检测从对应于电动势的切换前的通电模式的电平至对应于切换后的通电模式的电平的变化的边缘检测方式来进行。

[0167] 但是,在上述的初始位置的估计处理中,以不发生无刷电动机2的旋转扭矩的范围的占空比进行电压施加,但是在非通电相中感应的电动势的检测中,为了避免阻尼振荡期间,而且确保A/D变换时间,要求最低的占空比(最低脉冲宽度)以上的电压施加。

[0168] 因此,初始位置的估计处理中的设定占空比(即,不发生旋转扭矩的占空比),低于为了电动势检测而要求的最低占空比时,初始位置的估计中使用的非通电相(开路相)的电动势的检测精度降低,或者不能检测。

[0169] 另一方面,在为了电动势检测而要求的最低占空比超过不发生旋转扭矩的占空比的上限时,如果在最低占空比下驱动无刷电动机2,则虽然可以以足够的精度检测初始位置的估计中使用的非通电相(开路相)的电动势,但是在初始位置的估计处理中无刷电动机2旋转,在初始位置的估计中产生错误。

[0170] 因此,在脉冲感应电压的检测中的最低占空比超过不发生旋转扭矩的占空比的上限的情况下,在PWM周期的1周期中,实施在与最低占空比相当的脉冲宽度下在对应于此时的通电模式的相以及方向上流过电流的处理;以及在相当于最低占空比超过不发生旋转扭矩的占空比的上限的部分的脉冲宽度以上,在对应于此时的通电模式的相在相反方向上流

过电流的处理,作为PWM1周期的平均,可以以不发生旋转扭矩的占空比的上限以下的占空比,进行电压施加。

[0171] 由此,抑制因初始位置的估计处理中的电压施加导致无刷电动机2旋转,并且可以以足够的精度进行初始位置的估计处理中使用的非通电相的电动势的检测。

[0172] 图14(A)的定时图是表示从V相向W相流过电流的第3通电模式M3中以最低占空比进行电压施加的情况下的PWM控制的一例。

[0173] 在图14(A)中,通过比较PWM定时器(PWM生成三角波载波)和V相用的定时器设定值 $V_v$ ,生成用于驱动V相上段的开关元件217c的脉冲信号,在为 $V_v \geq$  PWM定时器时,V相上段的开关元件217c被导通。

[0174] 而且,在采用以V相上段的开关元件217c的PWM波和反相位的PWM波驱动V相下段的开关元件217d的互补驱动方式,V相上段的开关元件217c导通时,V相下段的开关元件217d截止。

[0175] 而且,通过比较PWM定时器(PWM生成三角波载波)和W相用的定时器设定值 $V_w$ ,生成用于驱动W相下段的开关元件217f的脉冲信号,在 $V_w <$  PWM定时器时W相下段的开关元件217f被导通。

[0176] 而且,采用以与W相下段的开关元件217f的PWM波反相位的PWM波驱动W相上段的开关元件217e的互补驱动方式,在W相下段的开关元件217f被导通时W相上段的开关元件217e截止。

[0177] 在上述PWM控制中,由于在V相上段的开关元件217c导通,并且W相下段的开关元件217f导通时,从对应于第3通电模式M3的V相向W相流过电流,所以在以最低占空比进行电压施加的情况下,设定定时器设定值 $V_v, V_w$ ,使得V相上段的开关元件217c导通且W相下段的开关元件217f导通的时间成为与最低占空比相当的时间。

[0178] 然后,在从V相向W相开始流过电流的最初的电压阻尼振荡期间经过后,控制单元213将作为非通电相的U相的电压进行A/D变换而获取。

[0179] 在图14(A)所示的例子中,由于以第3通电模式M3从V相向W相流过电流,所以没有V相上段的开关元件217c截止并且W相下段的开关元件217f截止的期间,但是如果截止V相上段的开关元件217c并且截止W相下段的开关元件217f,则通过互补驱动控制,V相下段的开关元件217d导通并且W相上段的开关元件217e导通,与第3通电模式M3下的电流方向相反,从W相向V相流过电流。

[0180] 利用上述的特性,在图14(B)所示的例子中,在PWM1周期内实施以非通电相的电动势的检测所要求的最低占空比从V相向W相流过电流的处理、和以相当于最低占空比高于不发生旋转扭矩发生的占空比的上限的部分的占空比,从W相向V相流过电流的处理,在以最低占空比进行控制时检测非通电相的电动势。

[0181] 在图14(B)所示的PWM控制中,将定时器设定值 $V_v, V_w$ 设定为与PWM定时器的谷定时中最低占空比下的驱动对应的值,另一方面,在PWM定时器的峰定时下,进行用于在以相当于最低占空比高于不发生旋转扭矩的占空比的上限的部分的占空比,从W相向V相流过电流的定时器设定值 $V_v, V_w$ 的变更。

[0182] 即,将PWM周期的1周期下的输出分为2次,第1次输出非通电相的电动势检测所需要的占空比(正方向扭矩比),第2次输出为了成为希望的扭矩进行校正的占空比(负方向扭



矩),使得2次的平均成为希望扭矩(希望的导通占空比)。

[0183] 而且,在本实施方式中,将图14(B)所示的PWM控制称为脉冲偏移控制。

[0184] 在上述的脉冲偏移控制中,通过在PWM1周期中,进行以与最低占空比以上的占空比下的控制、和以相同的占空比,在相反方向流过电流的控制,能够实现0%,作为平均占空比。

[0185] 但是,在与图10所示的特性不同的无刷电动机2中,如果减小平均占空比,则例如如图15(A)、(B)所示,在电动机角度30deg下,差Sa30和差Sa210为相互接近的值,在电动机角度150deg下,差Sa150和差Sa330为相互接近的值,在电动机角度270deg下,差Sa90和差Sa270为相互接近的值,存在基于最大值的判定的初始位置的估计出错的可能性。

[0186] 因此,在实施脉冲偏移控制的情况下,对6个角度区域的每一个,将在差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中仅1个差比其它的差大了规定以上那样的平均占空比作为下限值来实施脉冲偏移控制。

[0187] 这里,以下大致说明如果提高平均占空比,则差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330之间的偏差扩大的理由。

[0188] 在以从V相向W相流过电流情况为例时,则如果在未通电的状态下使电动机旋转,则N极磁通对V相以及W相给予的磁通,如图16所示那样根据角度位置变化。

[0189] 然后,从V相向W相流过电流时,追加通电导致的磁通的变化,但是因为发生磁饱和,所以相当于通电导致的磁通的变化如图17所示那样在V相和W相中产生基于角度的差,该差表现作为非通电相的磁通变化(磁饱和电压)。

[0190] 该磁饱和电压的峰值A由电动机中流过的电流的大小来决定,所以如果减小平均占空比,作为平均在正方向流过的电流变小时,峰值变小,差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330之间的偏差变小,通过提高平均占空比,图18所示,可以在6个角度区域每一个中,得到差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中的1个表示最大值那样的特性。

[0191] 如上所述,在平均占空比低时,差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330之间的偏差变小,由于不能进行基于最大值的提取的初始位置的检测,所以控制单元213在图7的流程图的步骤S620中检测出差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中的最大值时,判断是否仅1个明确地较大,在不是仅1个明确地较大的状态的情况,即,判断为初始位置的估计精度不足的情况下,可以提高平均占空比而再次进行在各通电模式下的通电(初始位置估计处理),或者作为不能估计初始位置,实施使无刷电动机2旋转至已知的位置的定位处理。

[0192] 而且,是否差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330之中的仅1个明确地较大,可以根据不存在多个表示最大值的差的数据的情况、最大值和第2大的值的差为规定以上的情况等进行判断。

[0193] 而且,在设定作为最大值采用的差Sa的值的范围(最大值的下限值),并且不能检测出该范围包含的最大值的情况(作为最大值检测出的值低于下限值的情况)下,可以提高平均占空比而再次进行各通电模式下的通电(初始位置估计处理),或者作为不能进行初始位置的估计,实施使无刷电动机2旋转至已知的位置的定位处理。

[0194] 因为由于无刷电动机2的温度,相同的角度位置下的差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330的大小变化,所以可以根据无刷电动机2的温度的检测值或者估计值,变更最大值而采用的差Sa的值的范围(最大值的下限值)。

[0195] 在以上的第1实施方式中,说明了将无刷电动机2设为U相、V相以及W相的3相线圈215u、215v、215w进行星型连线的3相DC无刷电动机,在以下说明的第2实施方式中,取而代之,说明图19所示的U'相、V'相以及W'相进行 $\Delta$ 连线的3相DC无刷电动机20。

[0196] 在该无刷电动机20中,由于齿槽转矩电动机要停止的位置(以下,称为基准停止位置),与第1实施方式同样,以U相为基准(0deg),为30deg、90deg、150deg、210deg、270deg和330deg,所以求出通电模式间的脉冲感应电压的差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330。

[0197] 但是,在本第2实施方式中,例如,如图20所示,如观察在各停止位置中差Sa30~Sa330之中哪一个为最大值时,则多个差Sa为相互接近的值,难以判别哪个差Sa为最大值。这样,在基于最大值的判定中,灵敏度低,难以进行初始位置的估计,存在初始位置的估计错误的可能性。

[0198] 即,与在各初始位置(基准停止位置)中,差Sa30~Sa330的最大值的灵敏度高的第1实施方式不同,各基准停止位置中的差Sa30~Sa330的最大值不明确,为了初始位置的估计,最大值的判定灵敏度过低而不能使用。

[0199] 另一方面,在各基准停止位置中的差Sa30~Sa330的最小值的判定灵敏度高而被明确地求出。因此,在本第2实施方式中,使用最小值来估计初始位置。

[0200] 即,差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中的最小值每电动机角度60deg进行替换,例如,差Sa150在以电动机角度90deg为中心的大致60deg的角度范围(从电动机角度60deg至120deg的范围)中成为最小值。

[0201] 这样,在本第2实施方式中,按照差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中的哪一个是最小值,检测无刷电动机20的初始位置对应于每60deg的6个区域的哪一个。

[0202] 控制单元213在图6的流程图的步骤S619中运算差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330时,进至图21的流程图的步骤S720,从差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330之中求出最小值。

[0203] 之后的控制单元213的处理(图21以及图22的流程图的步骤S721~步骤S734)除了通过基于最小值的判定检测初始位置以外,与上述的第1实施方式的步骤S621~步骤S634相同,省略这里的说明。

[0204] 这样,在无刷电动机20中适用的第2实施方式中,在对于无刷电动机20的初始位置(电动机停止位置),差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中的最大值不明确,用于初始位置估计的最大值的灵敏度低的情况下,通过差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330之中的哪一个相当于最小值,可以检测无刷电动机20的初始位置(电动机停止位置)。

[0205] 在以上示出的第1以及第2实施方式中设为,根据无刷电动机的初始位置是否对应于每60deg的6个区域的其中一个,即,根据以分辨率60deg检测的初始位置,开始无刷电动机的驱动的结构。

[0206] 但是,在任意一个实施方式的步骤S632~S634以及步骤S732~S734中,例如,检测出初始位置为0deg~60deg的范围内的情况下,为了从第3通电模式M3切换至第4通电模式M4,在开始第3通电模式M3下的电压施加之后,在该第3通电模式下开始旋转后,经过规定时间转移到无传感器控制。

[0207] 这是为了避免如上述的那样,即使在分辨率60deg下检测出初始位置为0deg~

60deg的范围内,而实际的电动机角度为0deg或者60deg的情况下,也未发生足够的旋转扭矩,或者通电模式的切换条件不成立。

[0208] 因此,在第3实施方式中,为了进一步提高无刷电动机20的初始位置的检测精度,以下那样运算在步骤S719中运算的6个差(电动势差)Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330中,每30deg划分区域的12个各电动机角度范围中的各差Sa之中的最大值和最小值的差(电动势差的差分)。

$$[0209] \quad Sa_{30-60} = Sa_{30} - Sa_{90}$$

$$[0210] \quad Sa_{60-90} = Sa_{30} - Sa_{150}$$

$$[0211] \quad Sa_{90-120} = Sa_{90} - Sa_{150}$$

$$[0212] \quad Sa_{120-150} = Sa_{90} - Sa_{210}$$

$$[0213] \quad Sa_{150-180} = Sa_{150} - Sa_{210}$$

$$[0214] \quad Sa_{180-210} = Sa_{150} - Sa_{270}$$

$$[0215] \quad Sa_{210-240} = Sa_{210} - Sa_{270}$$

$$[0216] \quad Sa_{240-270} = Sa_{210} - Sa_{330}$$

$$[0217] \quad Sa_{270-300} = Sa_{270} - Sa_{330}$$

$$[0218] \quad Sa_{300-330} = Sa_{270} - Sa_{30}$$

$$[0219] \quad Sa_{330-360} = Sa_{330} - Sa_{30}$$

$$[0220] \quad Sa_{0-30} = Sa_{330} - Sa_{90}$$

[0221] Sa<sub>30-60</sub>是,在图23(A)中的电动机角度30deg~60deg的范围内,差Sa<sub>30</sub>、Sa<sub>90</sub>、Sa<sub>150</sub>、Sa<sub>210</sub>、Sa<sub>270</sub>和Sa<sub>330</sub>之中表示最大值的差Sa<sub>30</sub>与表示最小值的差Sa<sub>90</sub>的差。同样,Sa<sub>60-90</sub>是,电动机角度60deg~90deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>30</sub>和表示最小值的差Sa<sub>150</sub>的差,Sa<sub>90-120</sub>是,电动机角度90deg~120deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>90</sub>和表示最小值的差Sa<sub>150</sub>的差,Sa<sub>120-150</sub>是,电动机角度120deg~150deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>90</sub>和表示最小值的差Sa<sub>210</sub>的差,Sa<sub>150-180</sub>是,电动机角度150deg~180deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>150</sub>和表示最小值的差Sa<sub>210</sub>的差,Sa<sub>180-210</sub>是,电动机角度180deg~210deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>150</sub>和表示最小值的差Sa<sub>270</sub>的差,Sa<sub>210-240</sub>是,电动机角度210deg~240deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>210</sub>和表示最小值的差Sa<sub>270</sub>的差,Sa<sub>240-270</sub>是,电动机角度240deg~270deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>210</sub>和表示最小值的差Sa<sub>330</sub>的差,Sa<sub>270-300</sub>是,电动机角度270deg~300deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>270</sub>和表示最小值的差Sa<sub>330</sub>的差,Sa<sub>300-330</sub>是,电动机角度300deg~330deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>270</sub>和表示最小值的差Sa<sub>30</sub>的差,Sa<sub>330-360</sub>是,电动机角度330deg~360deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>330</sub>和表示最小值的差Sa<sub>30</sub>的差,Sa<sub>0-30</sub>是,电动机角度0deg~30deg的范围内表示最大值的差Sa<sub>330</sub>和表示最小值的差Sa<sub>90</sub>的差。

[0222] 即,差Sa<sub>30-60</sub>、Sa<sub>60-90</sub>、Sa<sub>90-120</sub>、Sa<sub>120-150</sub>、Sa<sub>150-180</sub>、Sa<sub>180-210</sub>、Sa<sub>210-240</sub>、Sa<sub>240-270</sub>、Sa<sub>270-300</sub>、Sa<sub>300-330</sub>、Sa<sub>330-360</sub>、Sa<sub>0-30</sub>是,在图23(A)所示的电动机角度每30deg的12个范围中,运算了差Sa<sub>30</sub>、Sa<sub>90</sub>、Sa<sub>150</sub>、Sa<sub>210</sub>、Sa<sub>270</sub>和Sa<sub>330</sub>的最大值和最小值的电压差的结果。

[0223] 然后,如图23(B)所示,差Sa<sub>30-60</sub>、Sa<sub>60-90</sub>、Sa<sub>90-120</sub>、Sa<sub>120-150</sub>、Sa<sub>150-180</sub>、Sa<sub>180-210</sub>、Sa<sub>210-240</sub>、Sa<sub>240-270</sub>、Sa<sub>270-300</sub>、Sa<sub>300-330</sub>、Sa<sub>330-360</sub>、Sa<sub>0-30</sub>,分别在电动

机角度30deg~60deg,60deg~90deg,90deg~120deg,120deg~150deg,150deg~180deg,180deg~210deg,210deg~240deg,240deg~270deg,270deg~300deg,300deg~330deg,330deg~360deg,0deg~30deg(360deg~390deg)的范围内具有最大值。

[0224] 控制单元213在图24的流程图的步骤S801中,从脉冲感应电压的差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330,进一步求出上述的差分Sa30-60、Sa60-90、Sa90-120、Sa120-150、Sa150-180、Sa180-210、Sa210-240、Sa240-270、Sa270-300、Sa300-330、Sa330-360、Sa0-30。

[0225] 接着,与图7的步骤S620~631相同,在步骤S802中确认差Sa30-60、Sa60-90、Sa90-120、Sa120-150、Sa150-180、Sa180-210、Sa210-240、Sa240-270、Sa270-300、Sa300-330、Sa330-360、Sa0-30的最大值,在步骤S803中根据是否检测出上述的12个差中的其中一个作为最大值来检测初始位置。

[0226] 因此,在本第3实施方式中,通过每电动机角度30deg提高用于初始位置检测的电压差的灵敏度,可以检测初始位置,所以无刷电动机20的初始位置的检测精度提高。例如,在检测出Sa0-30=Sa330-Sa90作为最大值时,初始位置检测为在0~30deg的范围,以第3通电模式M3起动,在检测出Sa30-60=Sa30-Sa90作为最大值时,初始位置检测为在30~60deg的范围,可以以第4通电模式M4起动。

[0227] 即,在以分辨率30deg检测出初始位置后,可以根据该初始位置的通电模式马上使无刷电动机起动,转移到无传感器控制,进一步提高响应性。

[0228] 而且,上述中,根据将适用于第2实施方式的无刷电动机20中的每个通电模式的差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330进一步进行组合而求出的差分Sa30-60、Sa60-90、Sa90-120、Sa120-150、Sa150-180、Sa180-210、Sa210-240、Sa240-270、Sa270-300、Sa300-330、Sa330-360、Sa0-30,以分辨率30deg检测了初始位置,但是适用于第1实施方式的无刷电动机2中也同样可以以分辨率30deg检测初始位置,进一步提高响应性。

[0229] 另一方面,特别是在磁饱和的程度大的无刷电动机20(Δ连线)中,如图25所示,在各基准停止位置,在最小值近旁2个差Sa之间接近,难以判断哪个差Sa为最小值。这样,在基于最小值的判定中,灵敏度低,初始位置的估计变得困难。

[0230] 图26(A)是对每个通电模式表示基于初始位置(电动机停止位置)的脉冲感应电压的变化的图。

[0231] 在该图26(A)所示的例子中,例如,在第6通电模式M6下,电动机角度90deg和电动机角度240deg中的脉冲感应电压的最大值上出现差。在其它的通电模式中也同样在峰上出现差,但这是因为,通过提高平均占空比而发生的磁饱和的程度大。

[0232] 因此,在第4实施方式中,通过组合相邻的通电模式,如以下那样运算对每个通电模式的电动势差(差Sa),根据各差Sa检测初始位置。

$$[0233] \quad Sa_{30}' = V_{ph2} - V_{ph3}$$

$$[0234] \quad Sa_{90}' = V_{ph1} - V_{ph2}$$

$$[0235] \quad Sa_{150}' = V_{ph4} - V_{ph5}$$

$$[0236] \quad Sa_{210}' = V_{ph3} - V_{ph4}$$

$$[0237] \quad Sa_{270}' = V_{ph6} - V_{ph1}$$

$$[0238] \quad Sa_{330}' = V_{ph5} - V_{ph6}$$

[0239] 如图26(B)所示,可以得到每6个角度区域,差Sa30'、差Sa90'、差Sa150'、差Sa210'、差Sa270'、差Sa330'中明确表示2个最大值或者最小值的特性。例如,在判定为差Sa30'为最大值(最小值)时,可以将初始位置检测为在0~60deg的角度区域中。

[0240] 这样,在磁饱和的程度大的无刷电动机20( $\Delta$ 连线)中,使用相邻的通电模式的电动势差,根据判定灵敏度高的最大值或者最小值,可以高精度地检测无刷电动机20的初始位置。

[0241] 上述实施方式中说明的各技术的思想只要不发生矛盾,就可以适当组合来使用。

[0242] 而且,参照优选的实施方式具体地说明了本发明的内容,但是根据本发明的基本的技术思想以及教导,只要是本领域的技术人员,显而易见可以采用各种变形方式。

[0243] 例如,在省略差Sa30、Sa90、Sa150、Sa210、Sa270和Sa330的相互比较,在各通电模式下分别获取的非通电相的脉冲感应电压的最大值和最小值的差为规定以上时,可以根据脉冲感应电压为最大值的通电模式,和为最小值的通电模式的组合,估计初始位置。

[0244] 而且,例如,在为了初始位置的估计而在每个规定时间切换通电模式时,在检测出获取的脉冲感应电压为规定以上时,可以取消以后的通电模式的切换,根据获取了规定以上的脉冲感应电压时的通电模式根据初始位置。

[0245] 标号说明

[0246] 1...电动油泵,2...无刷电动机(星型连线),3...电动机控制装置,20...无刷电动机( $\Delta$ 连线),212...电动机驱动电路,213...控制单元,213a...A/D变换器,213b...微机,215u、215v、215w...线圈,216...永久磁铁转子,217a~217f...开关元件

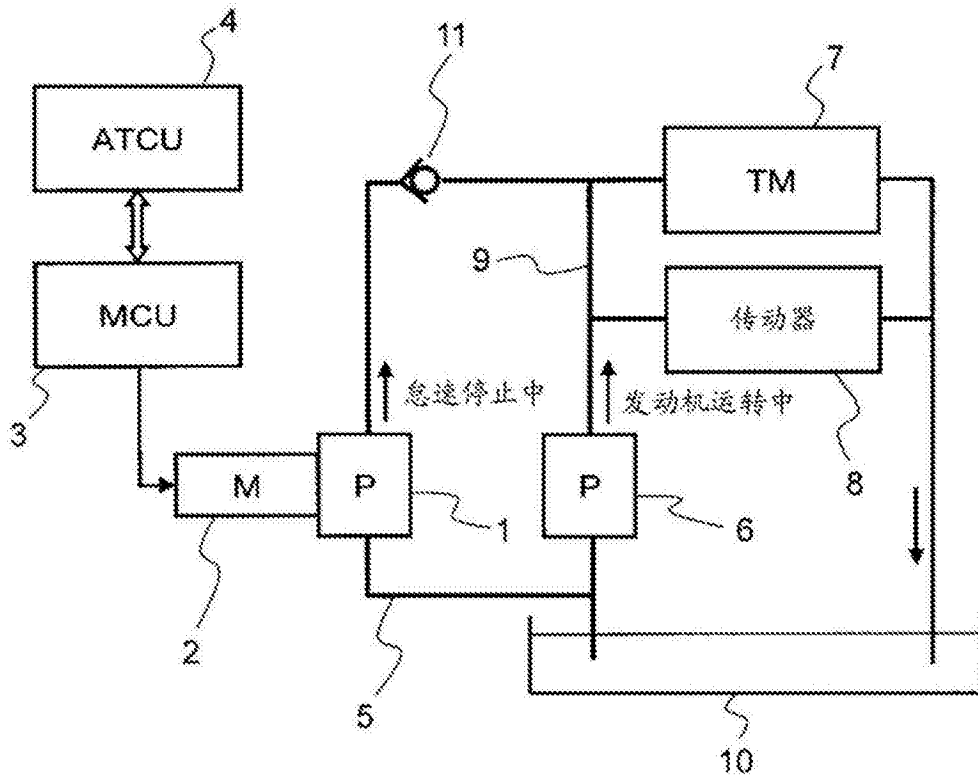


图1

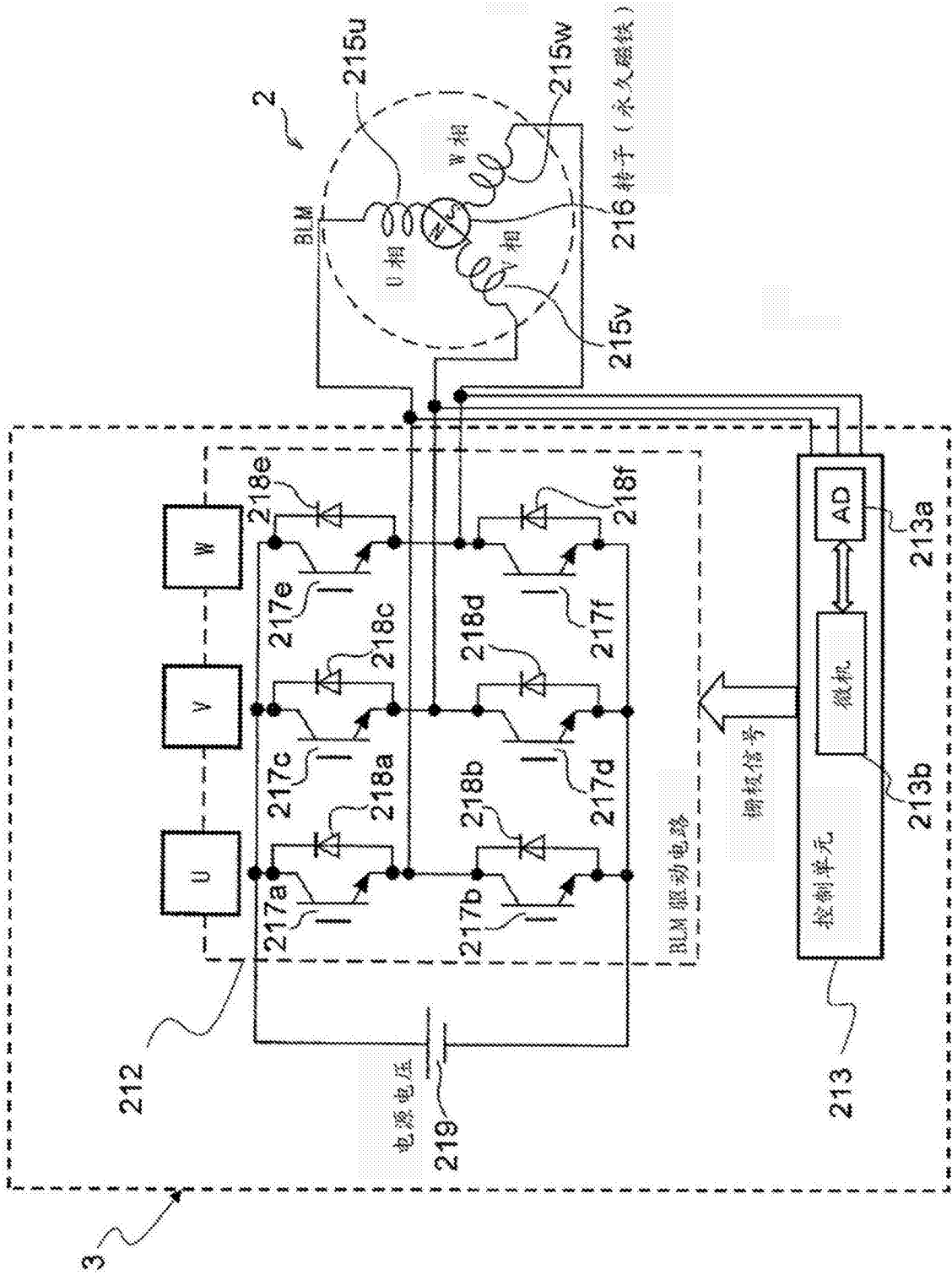


图2

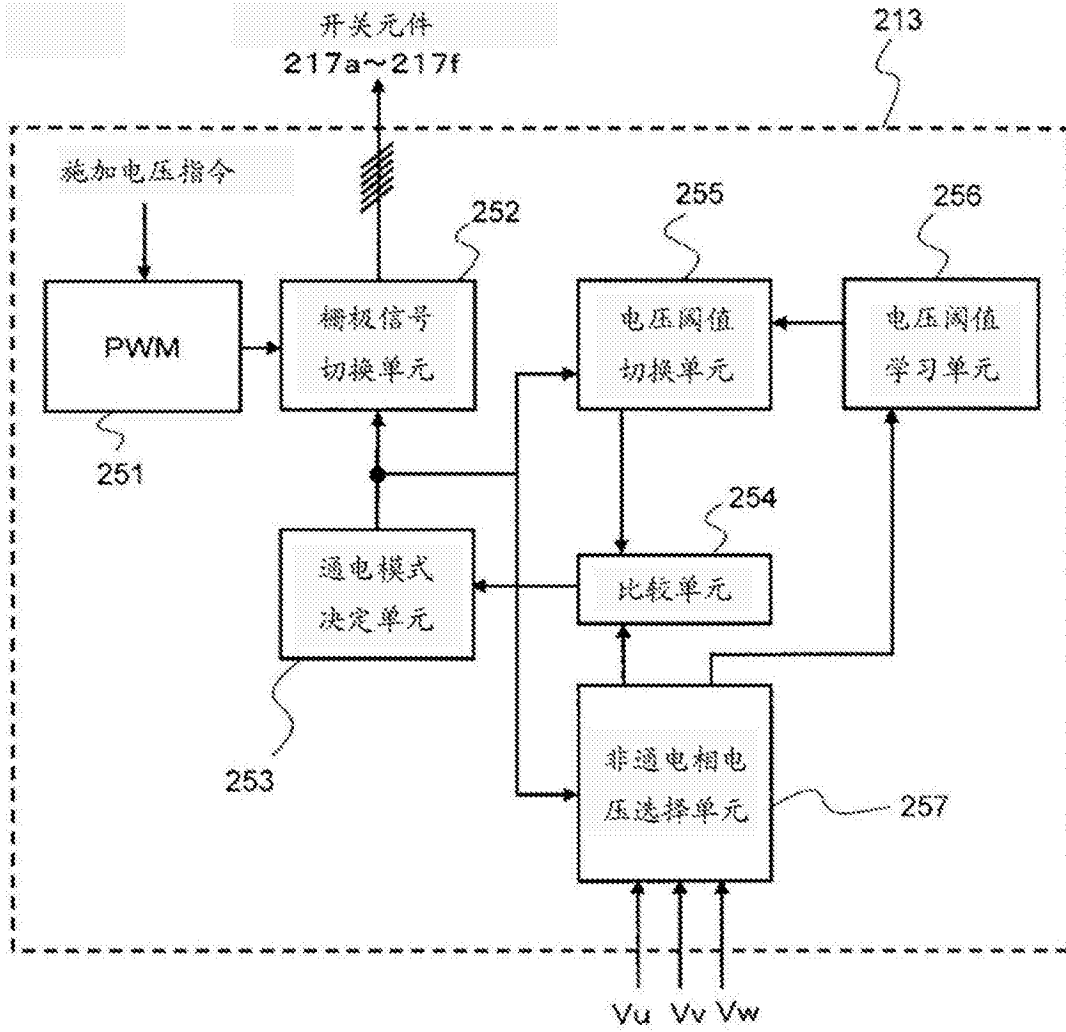


图3



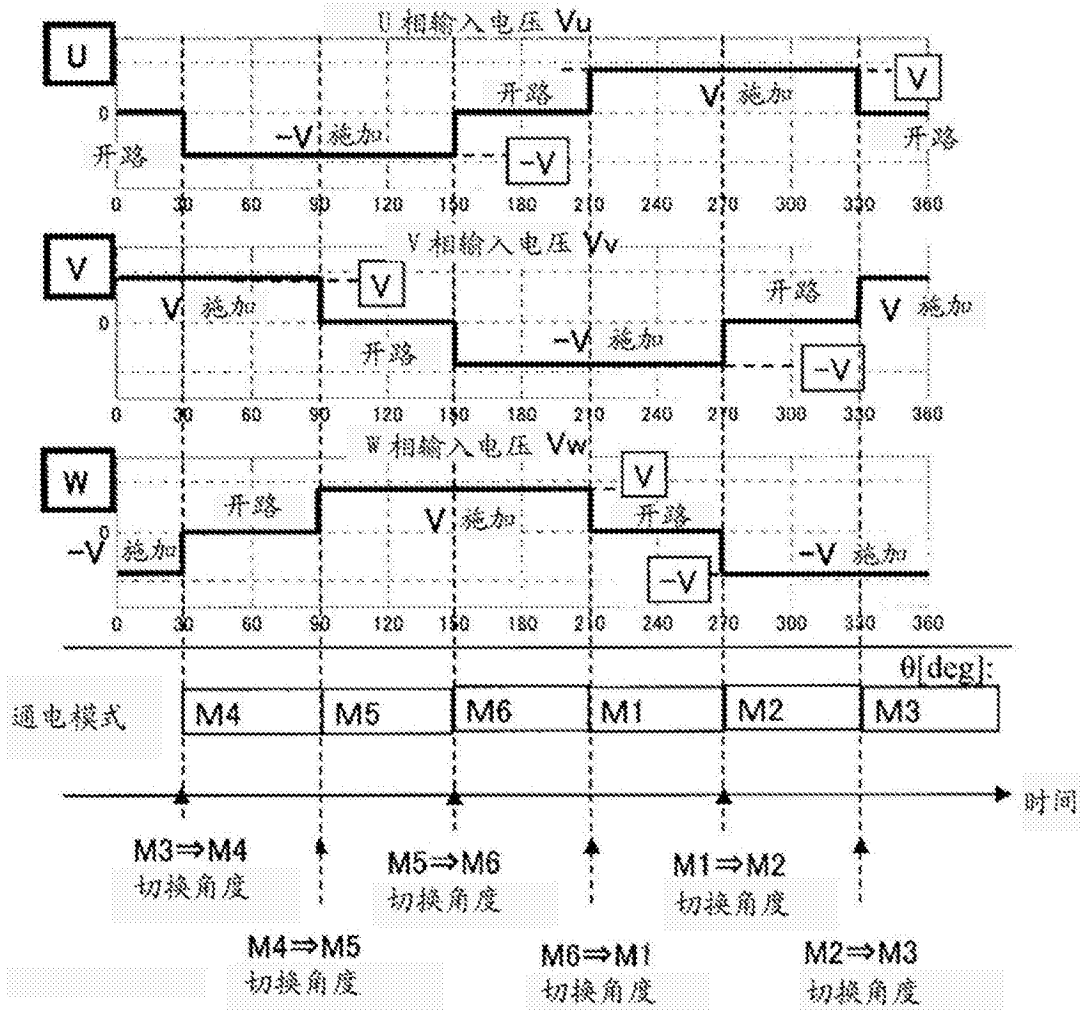


图4

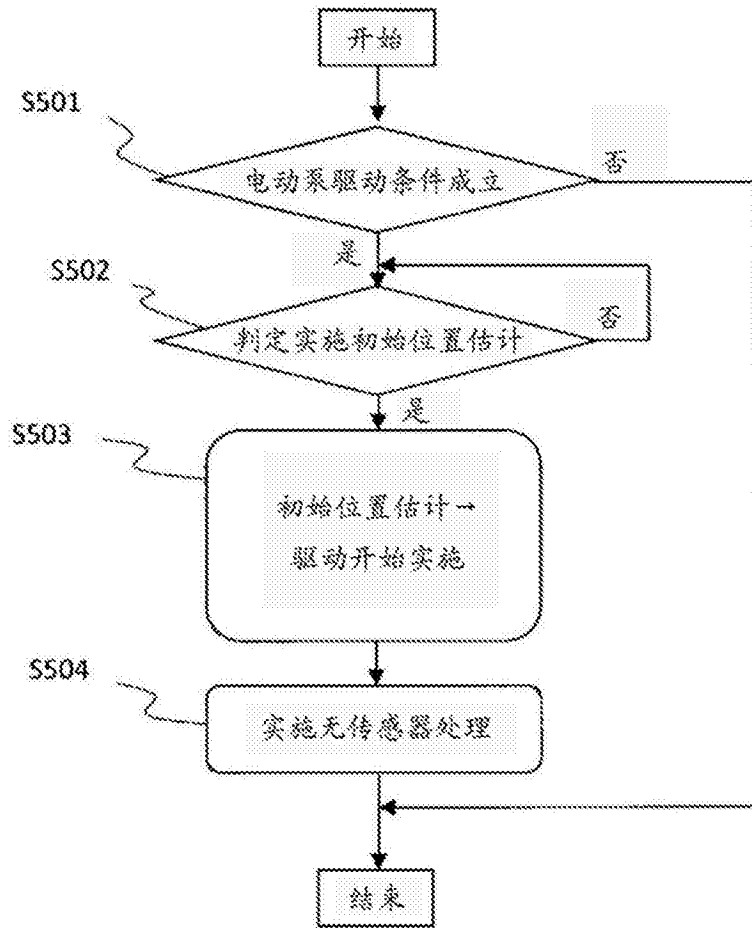


图5

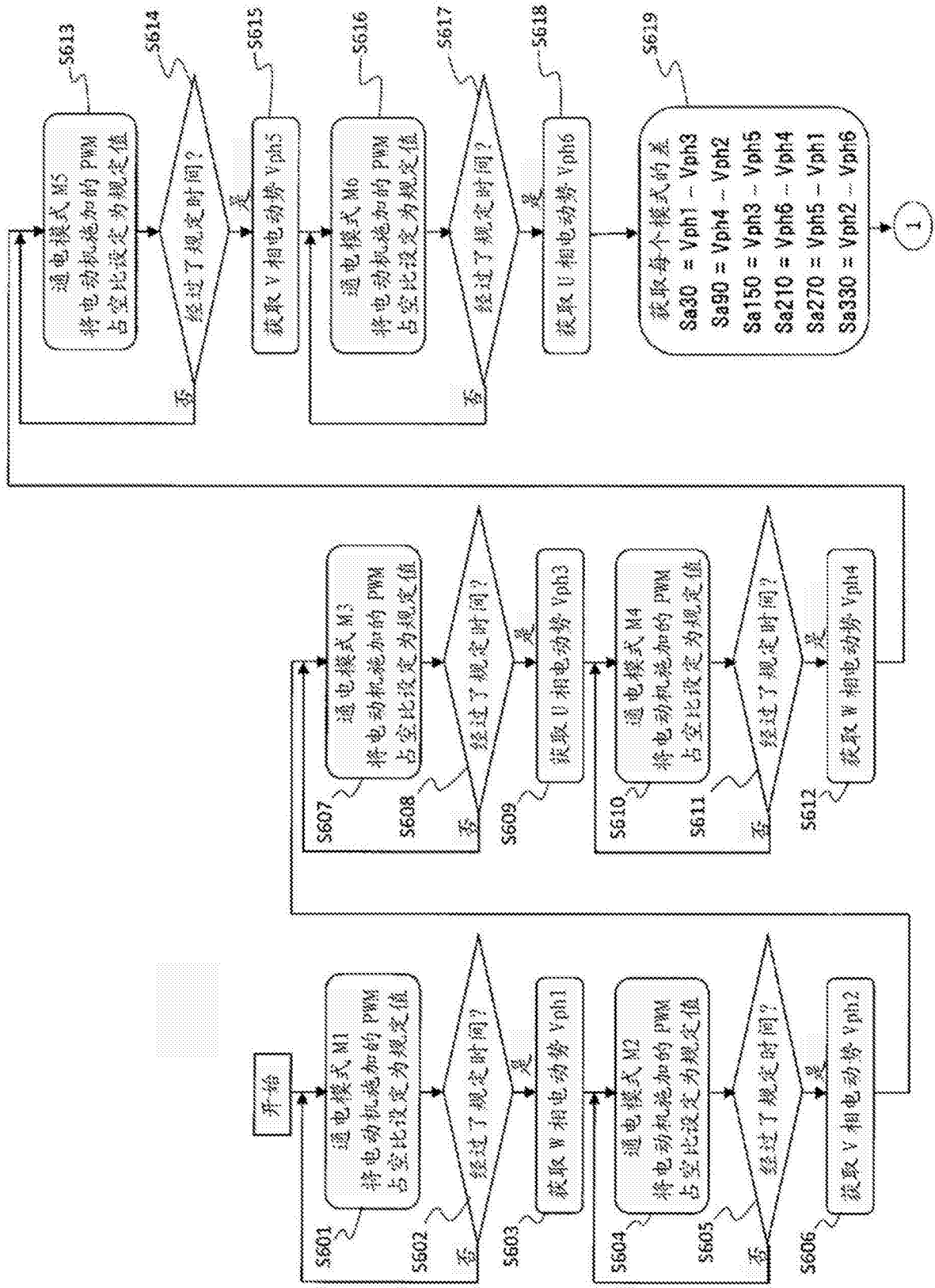


图6

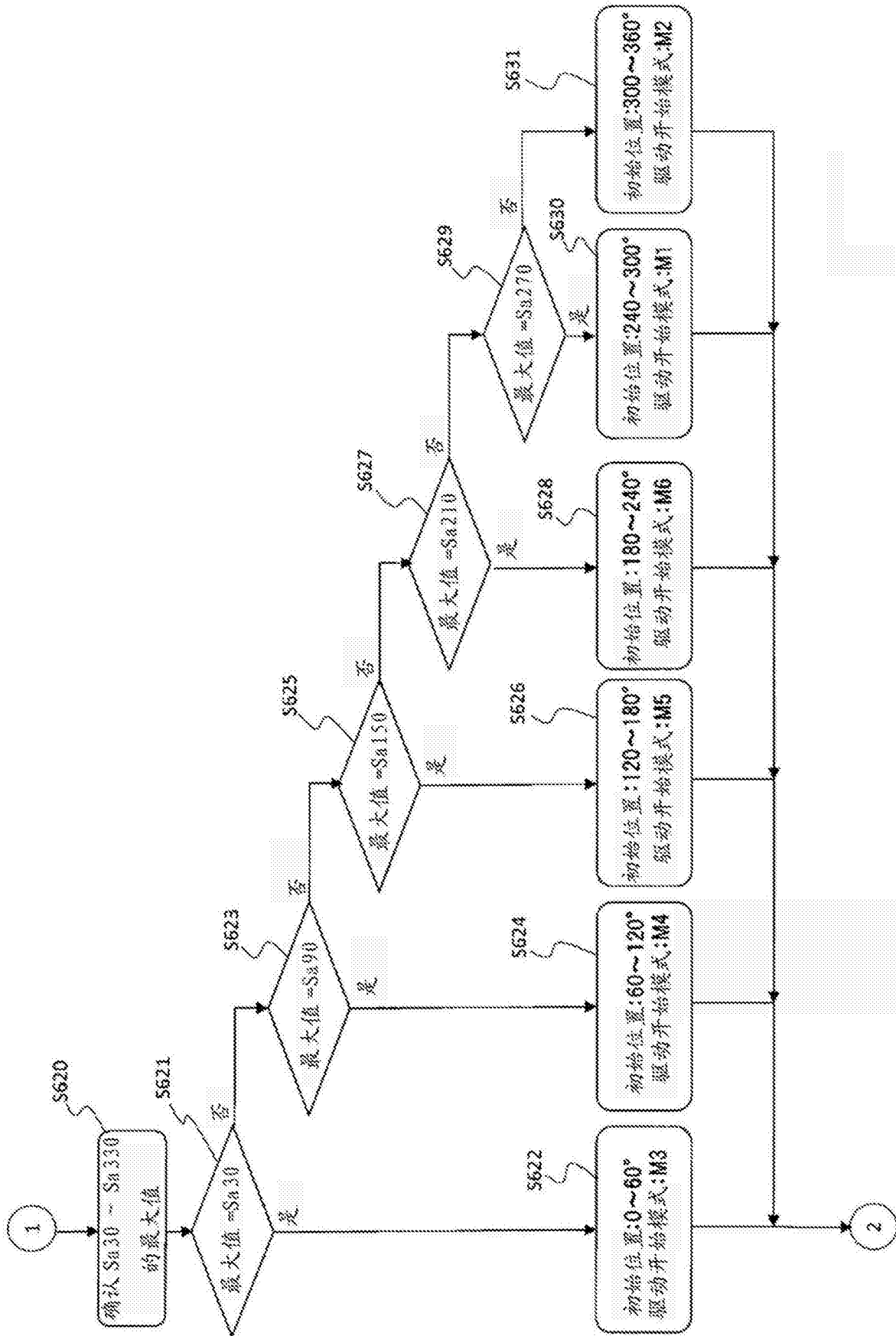


图7

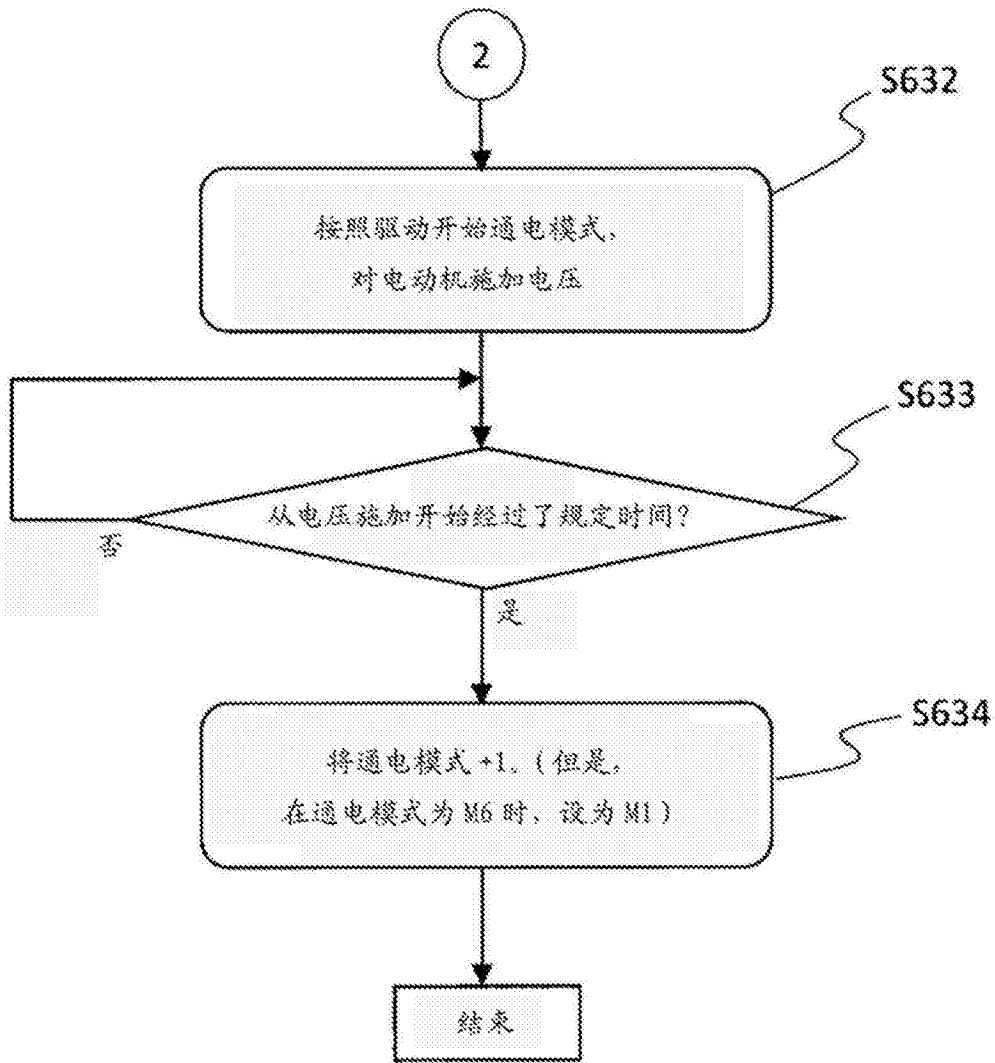


图8

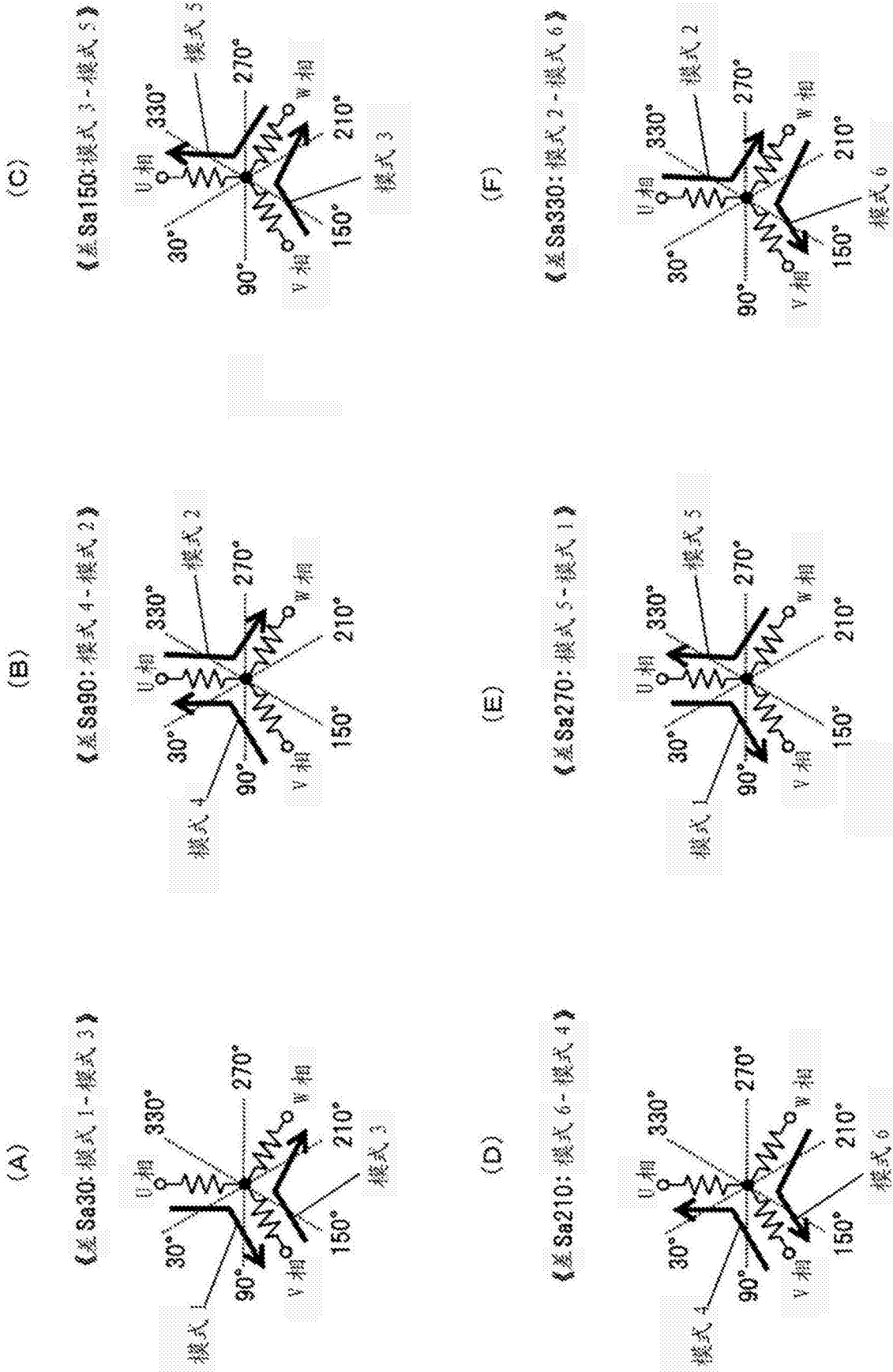


图9

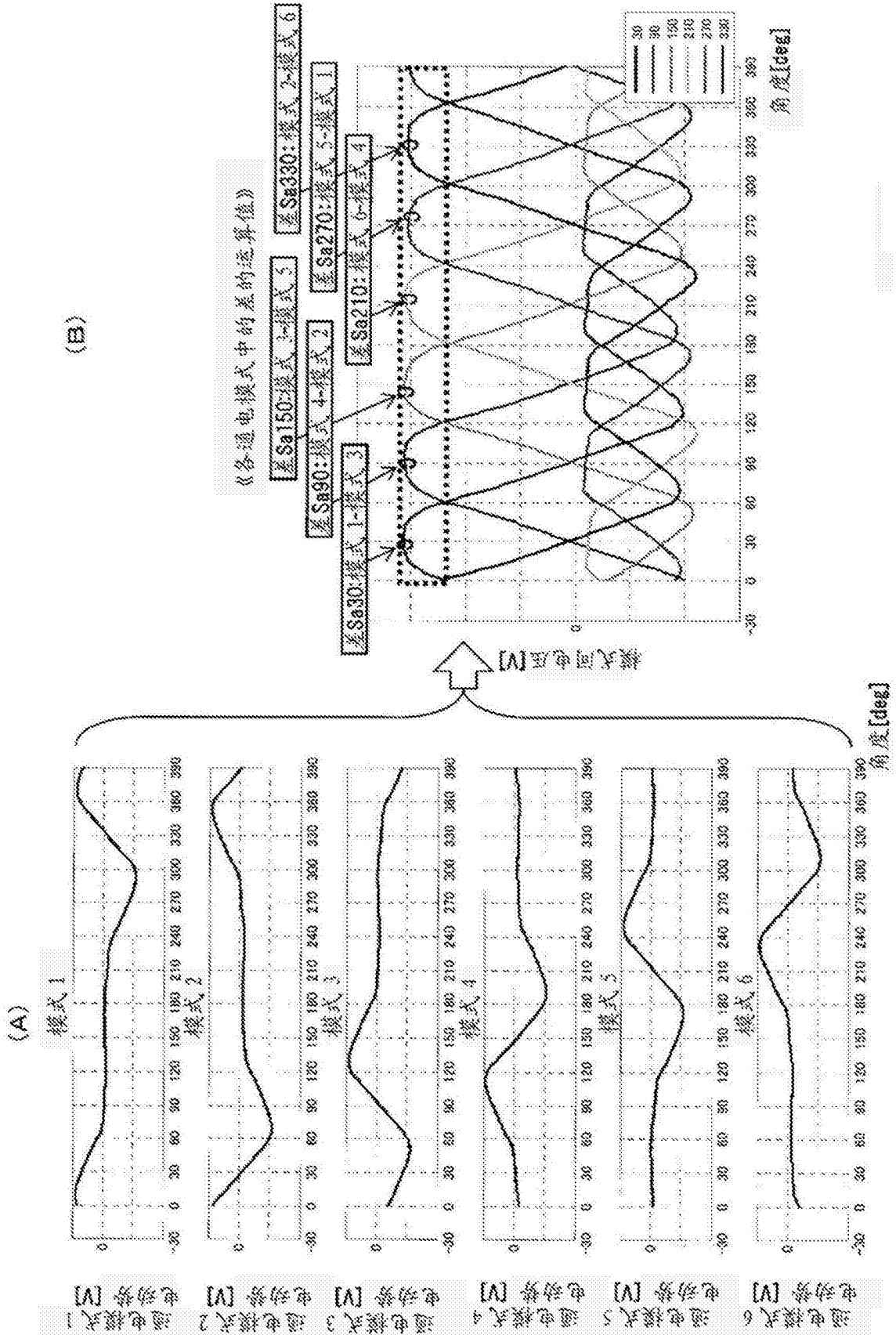


图10

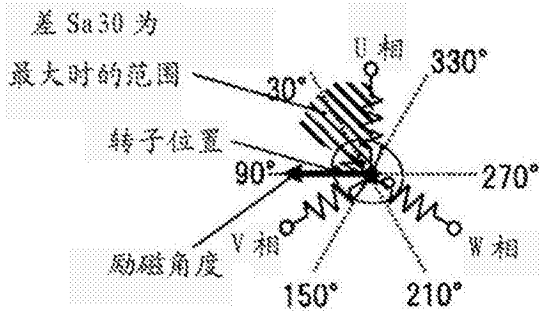


图11

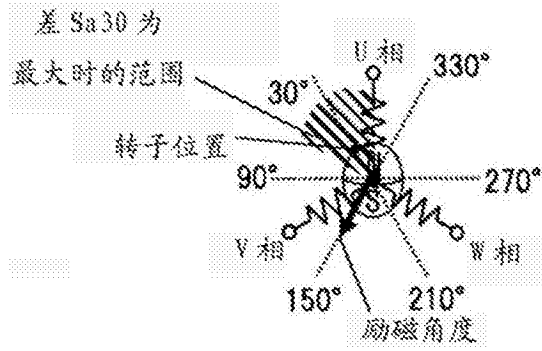


图12

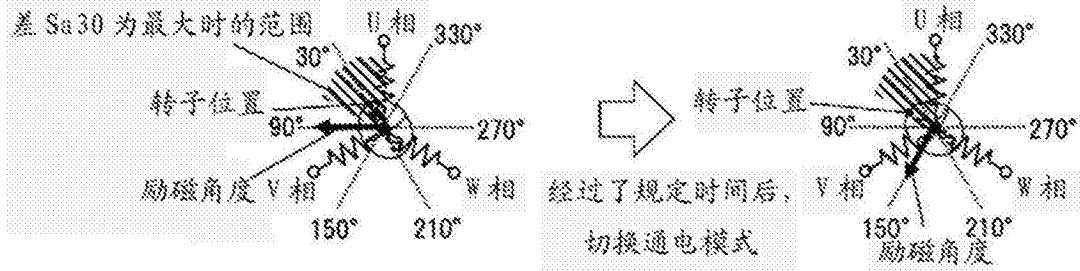


图13



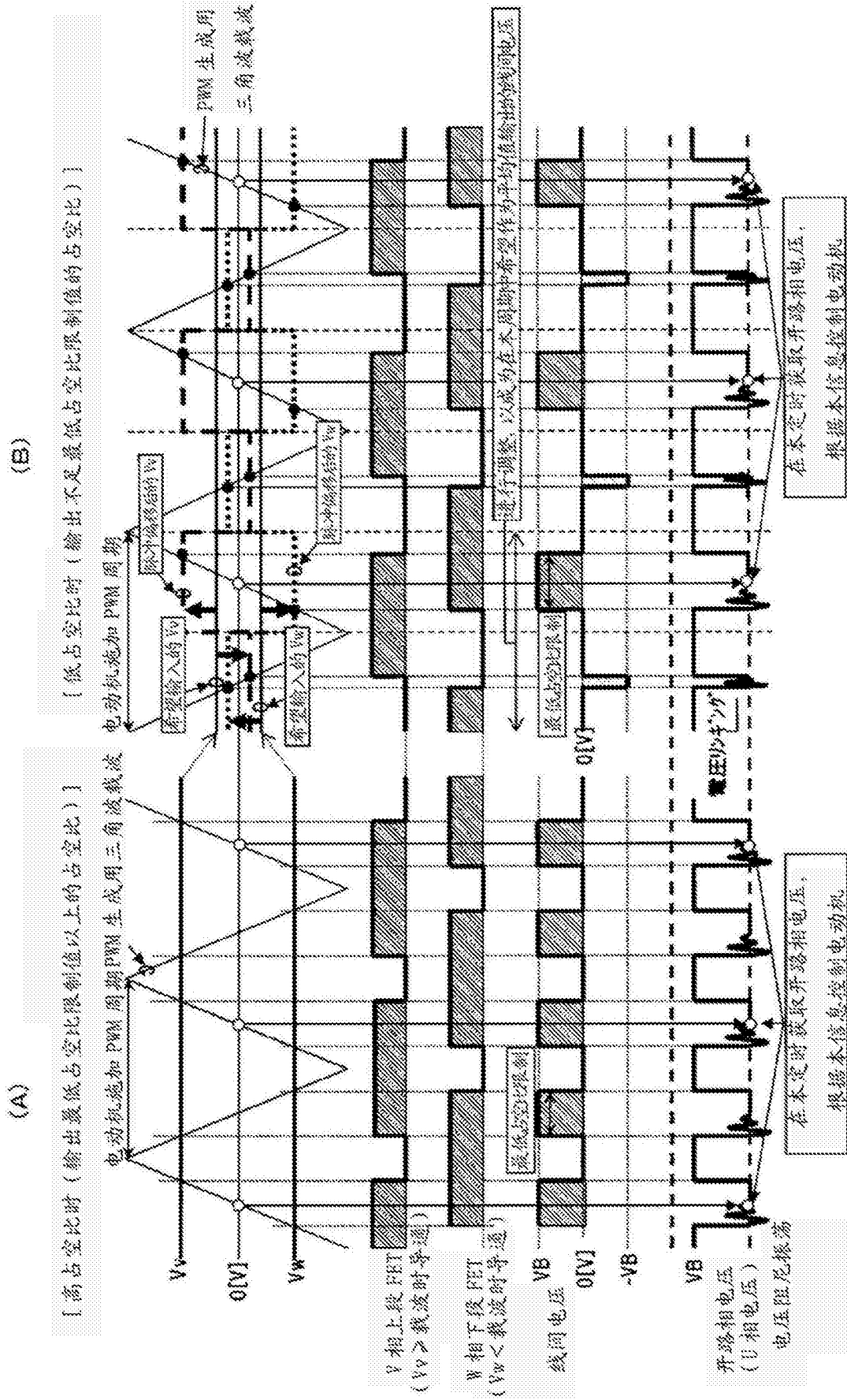


图14

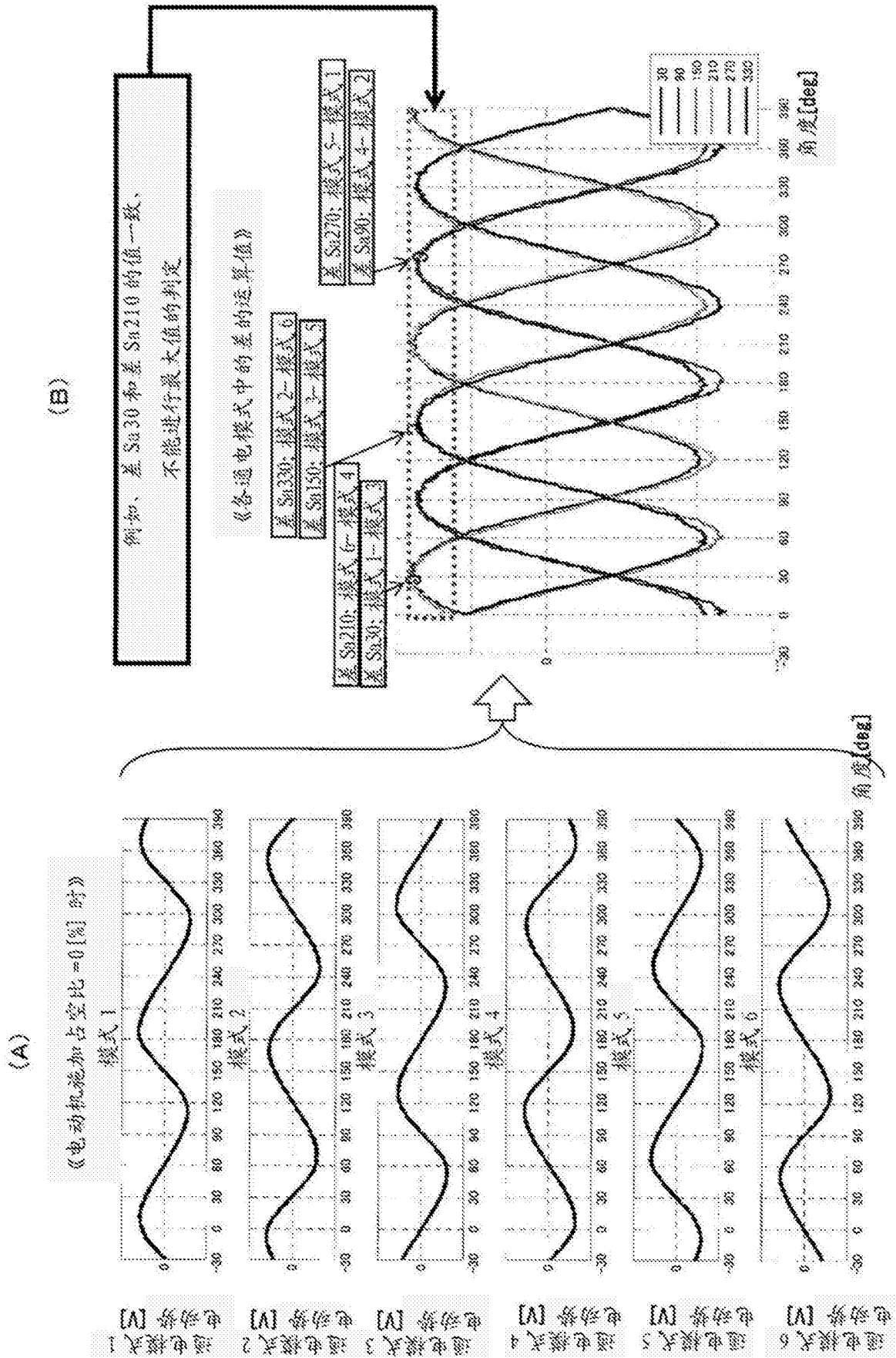


图15

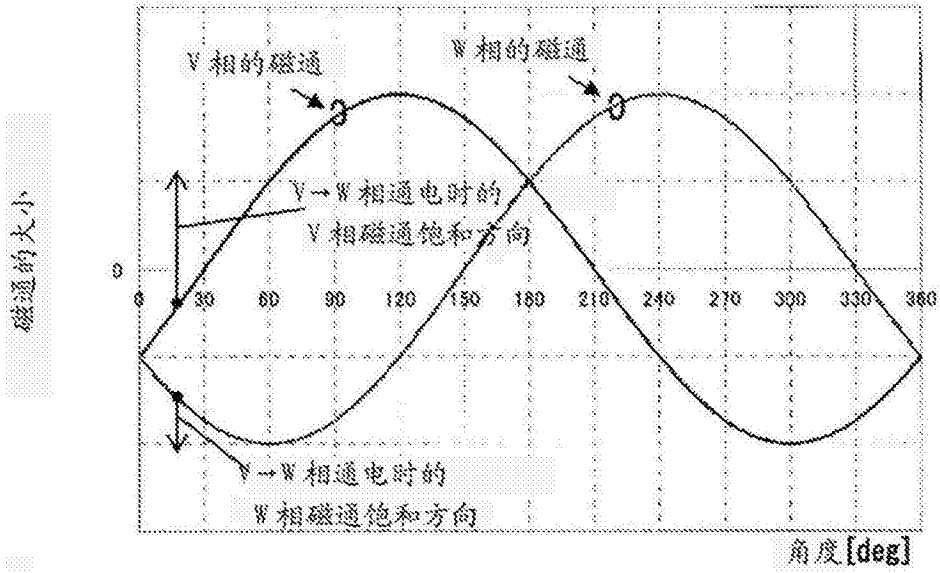


图16

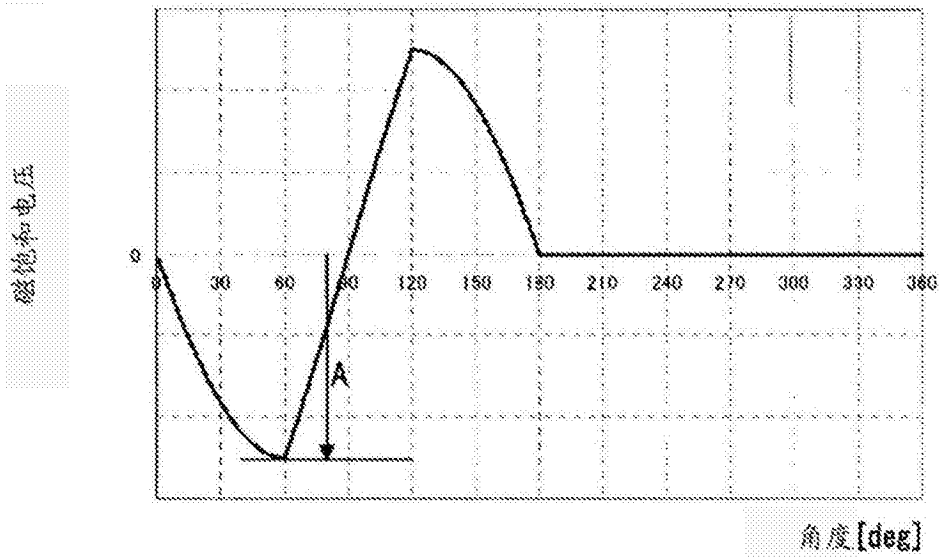


图17

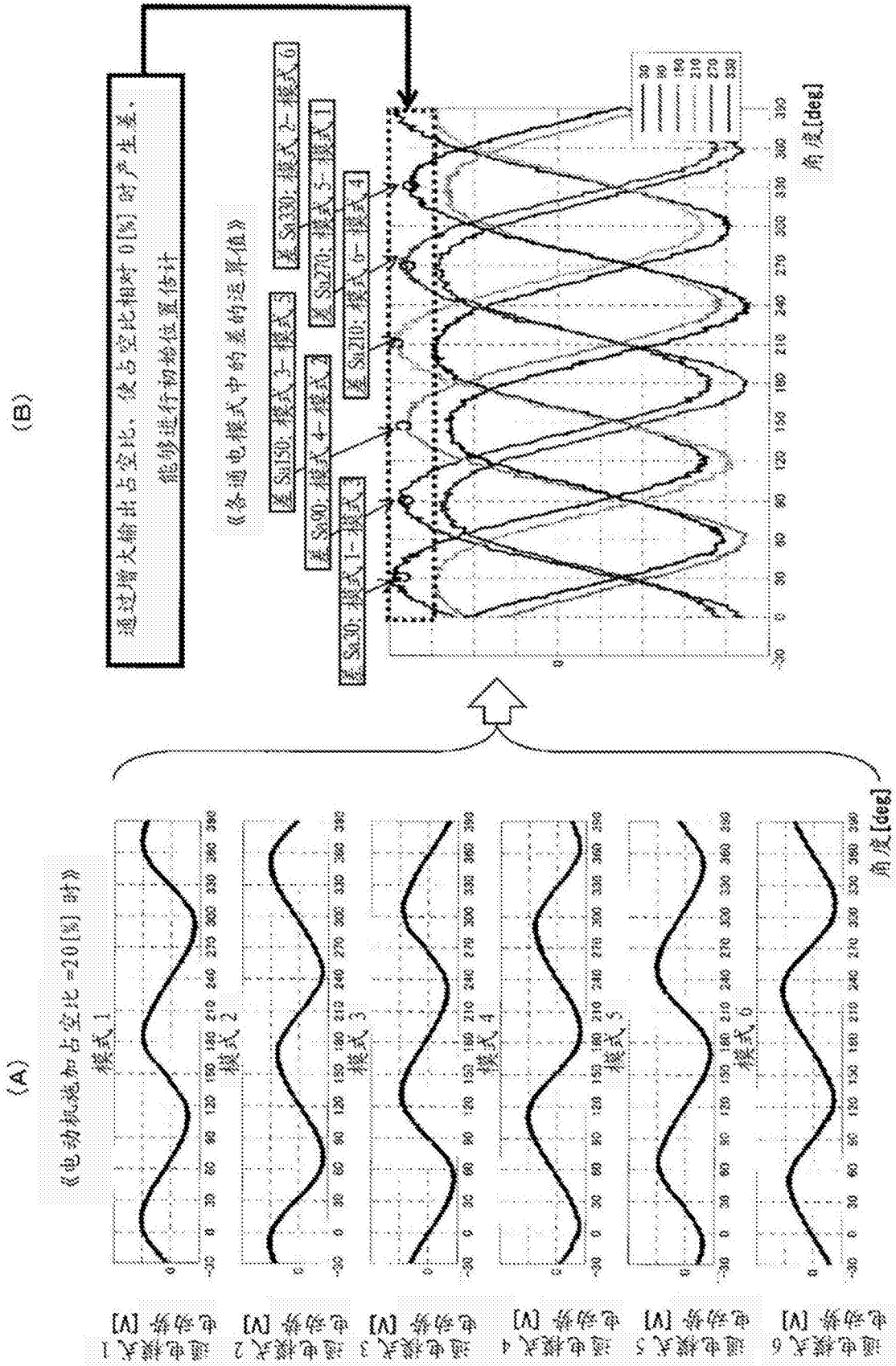


图18

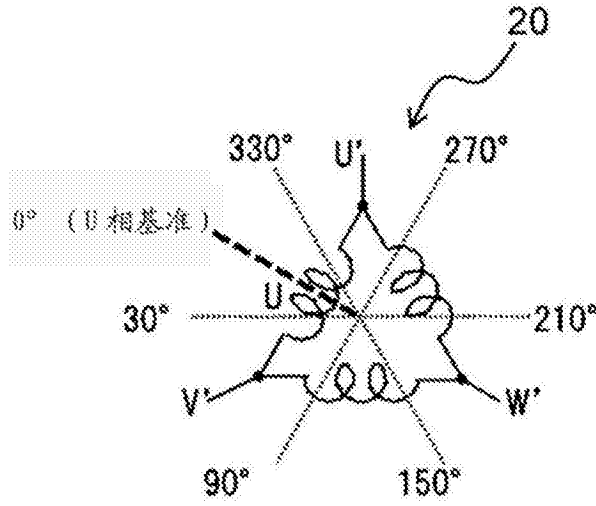


图19

《各通电模式中的差的运算值》

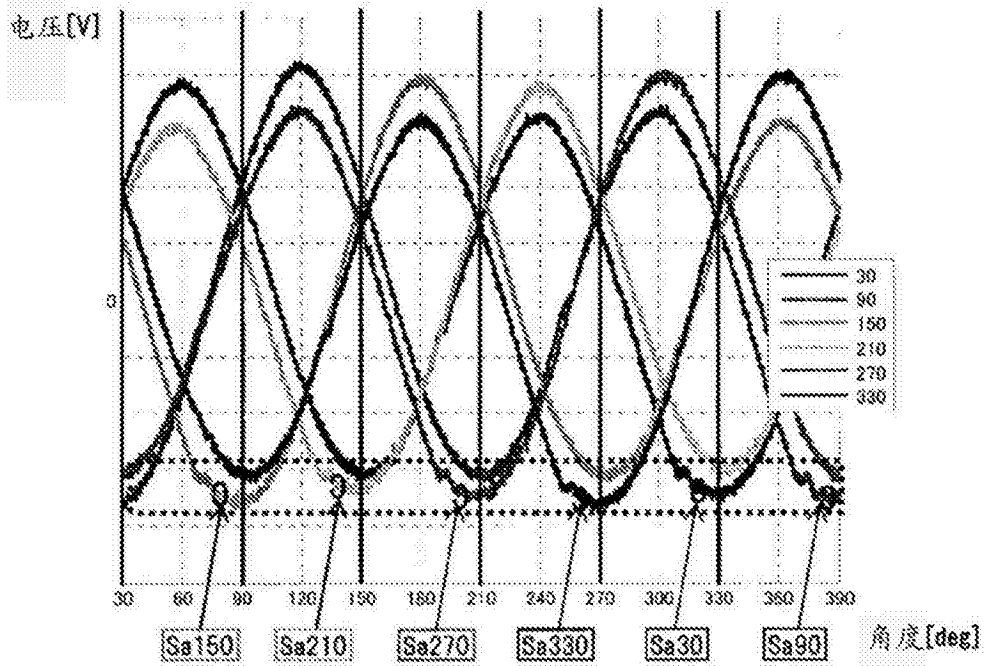


图20

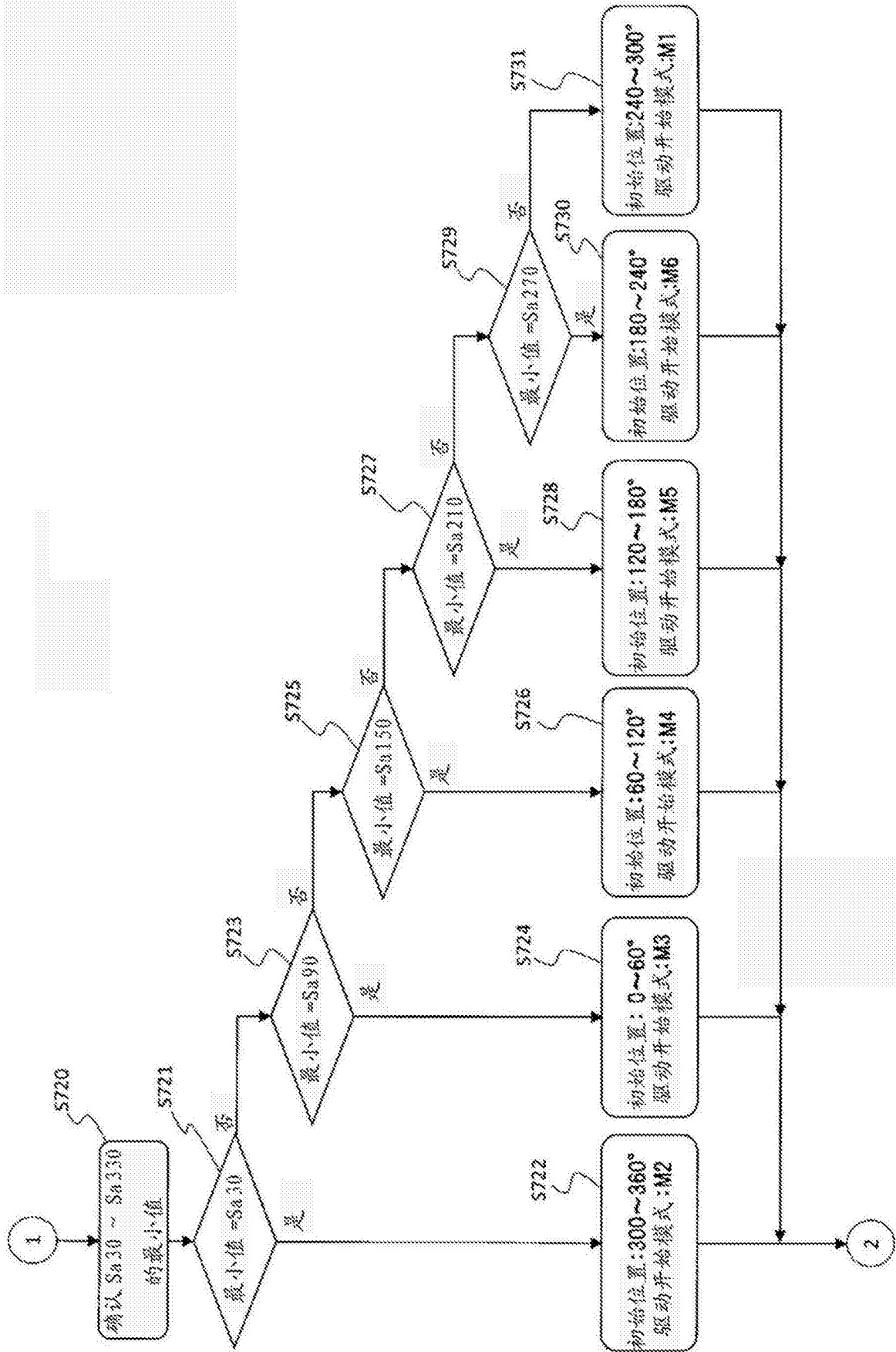


图21

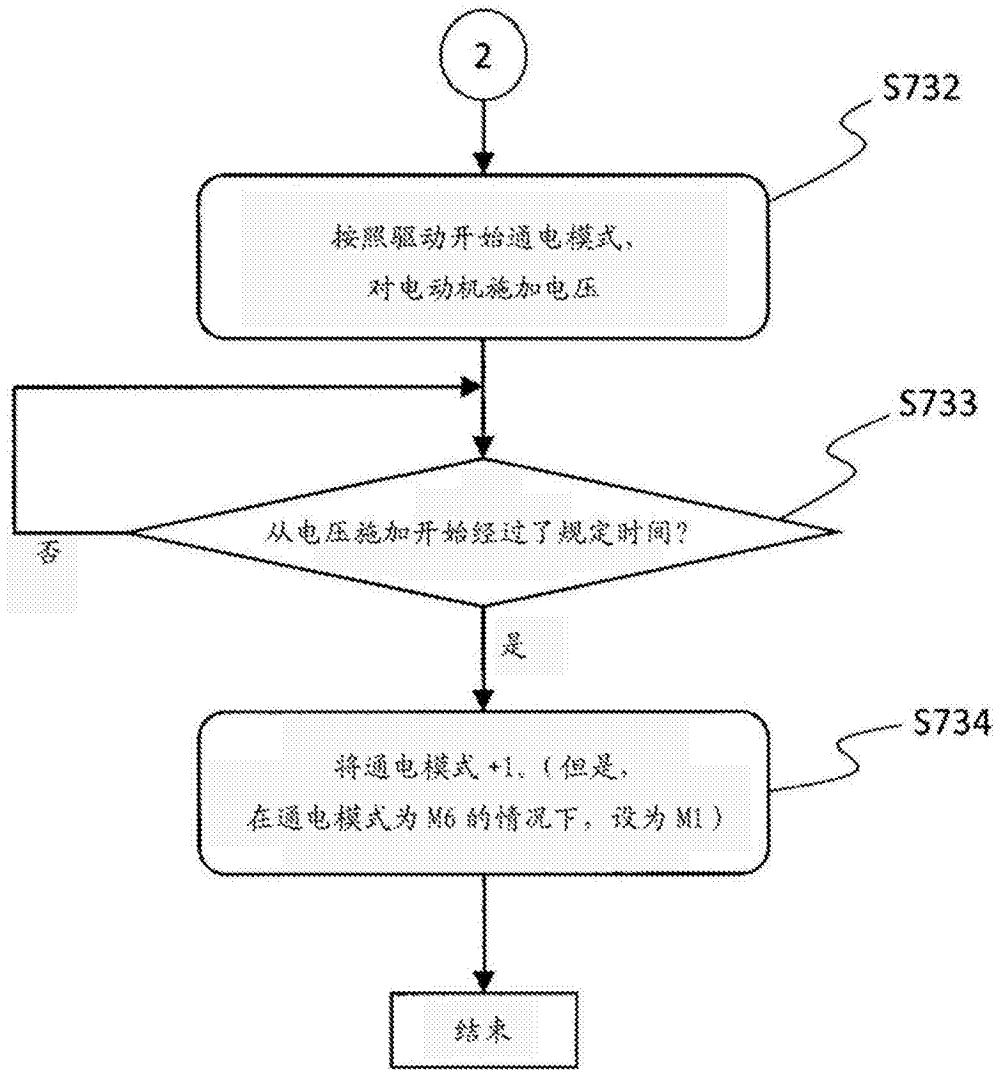
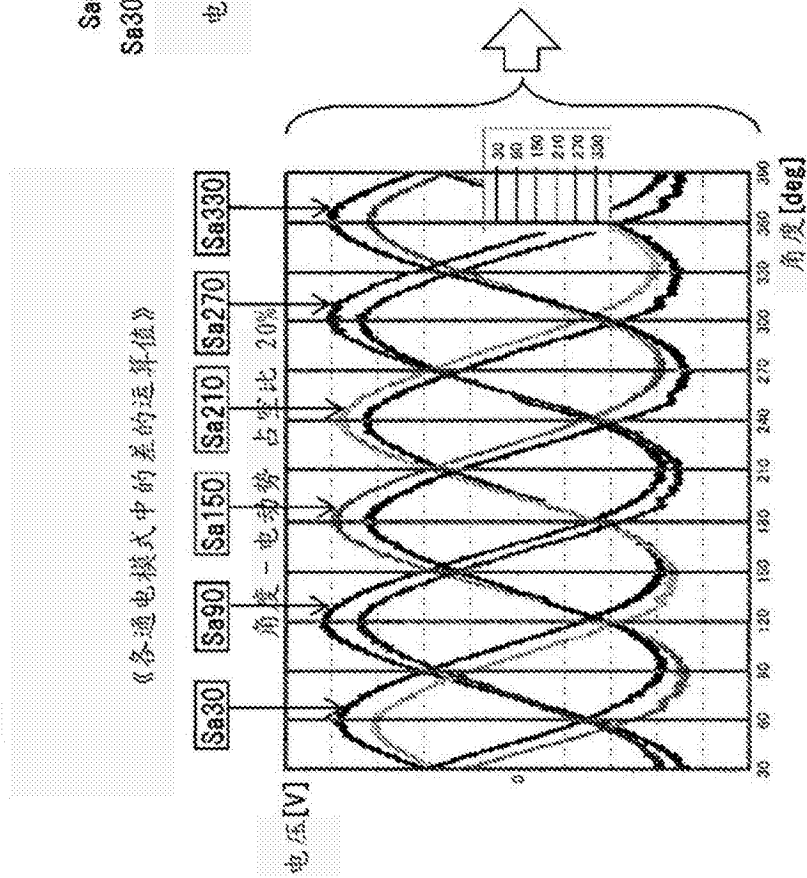


图22

(A)



(B)

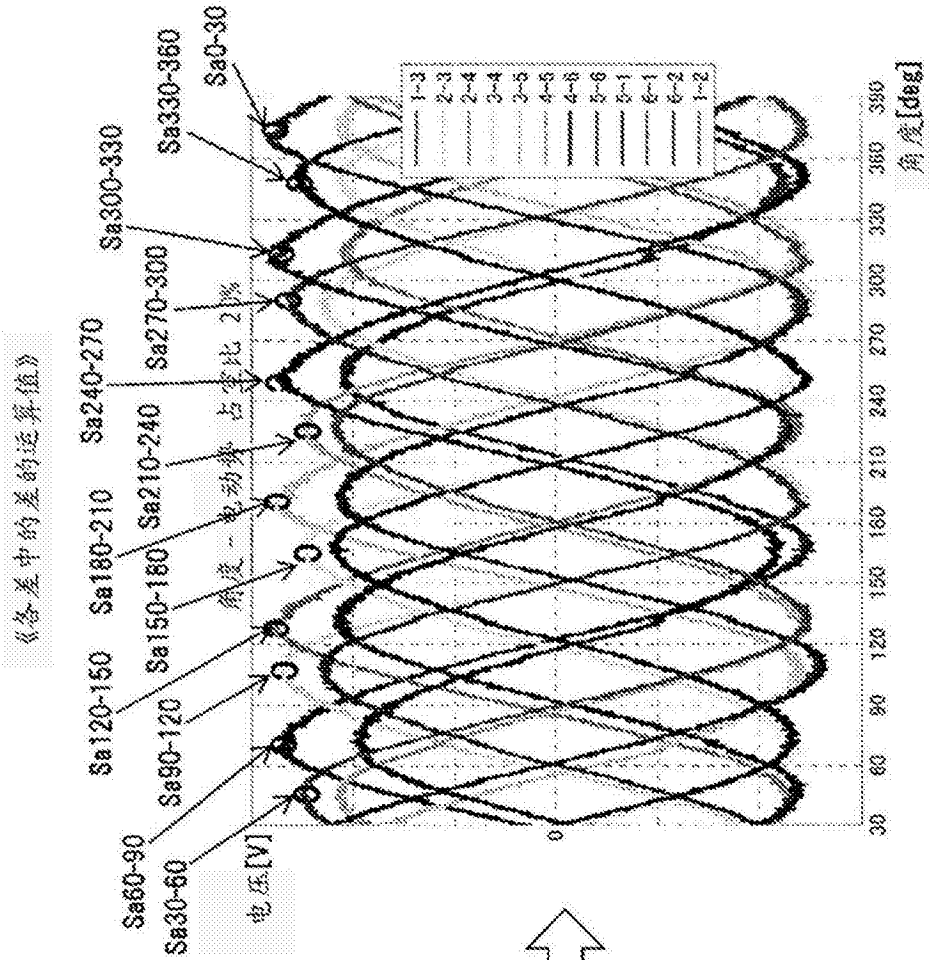


图23



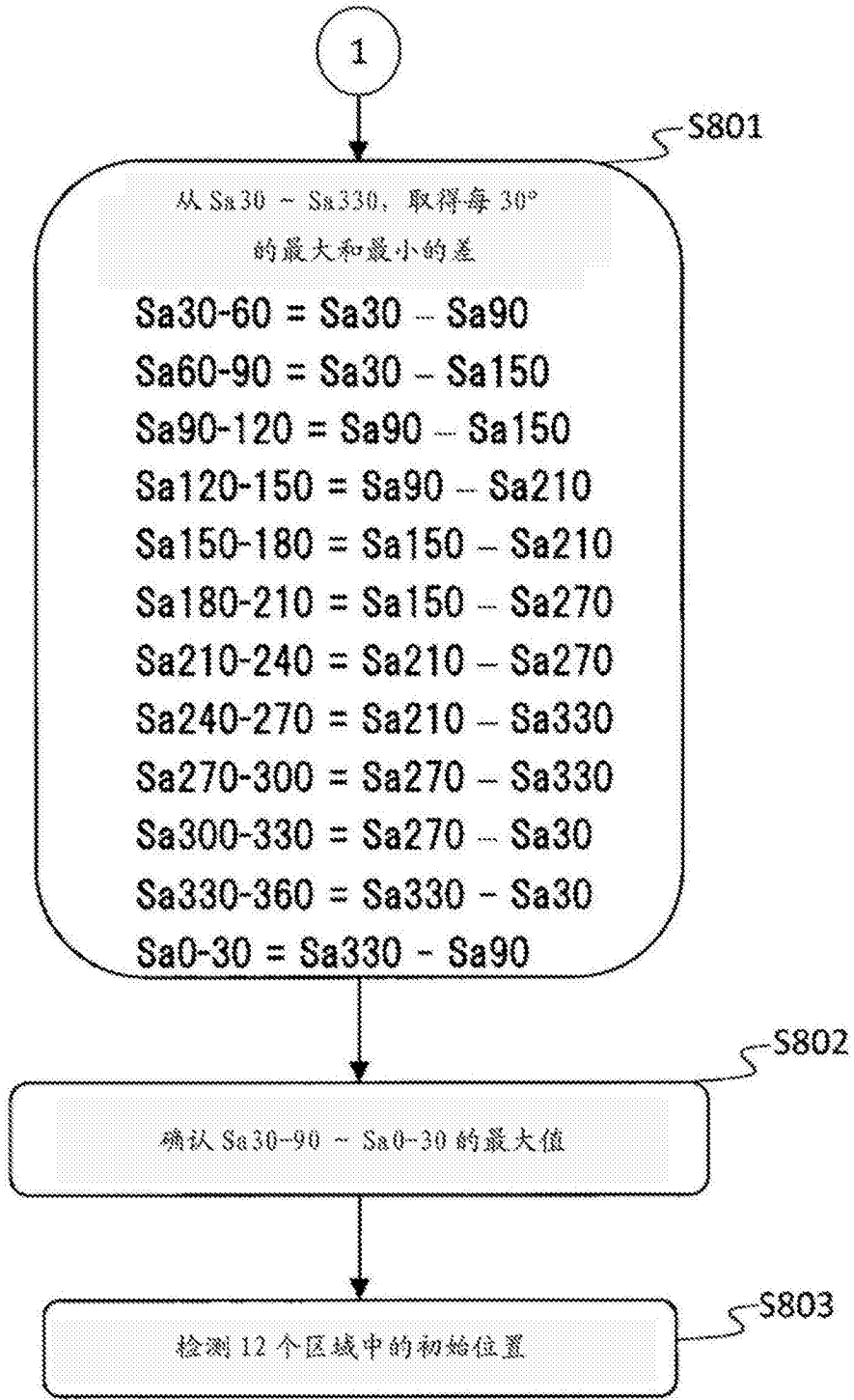


图24

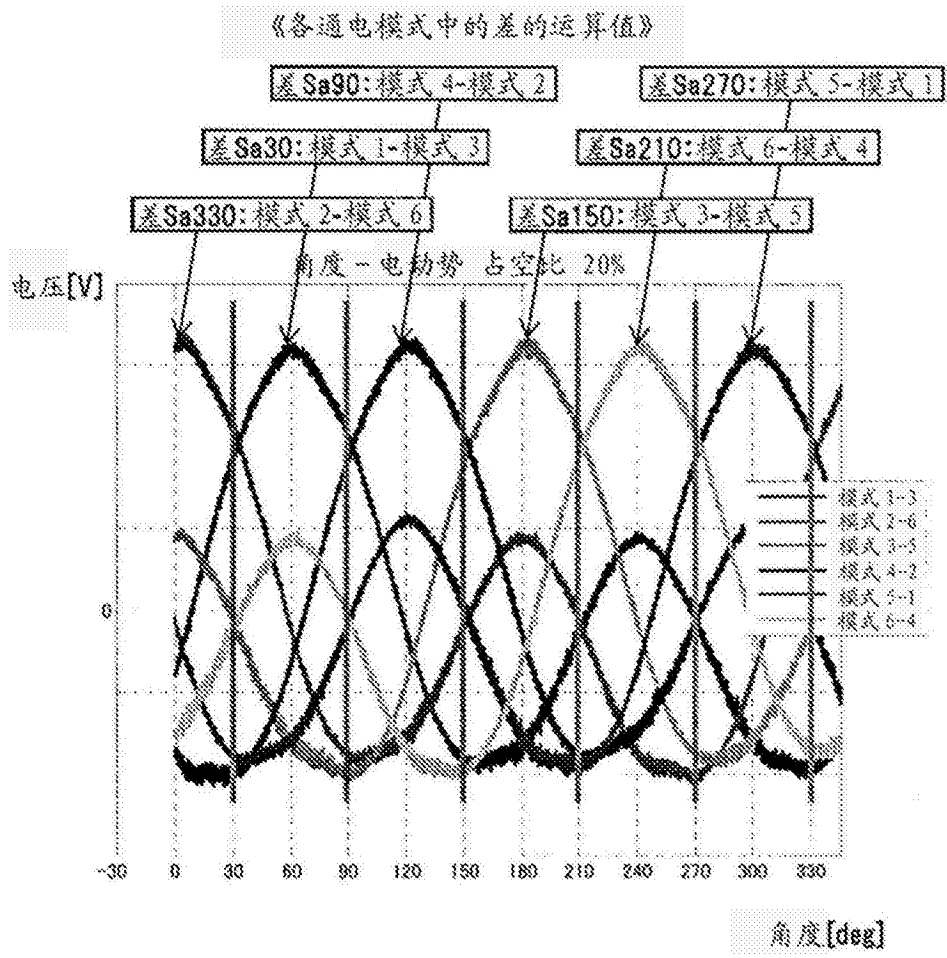


图25

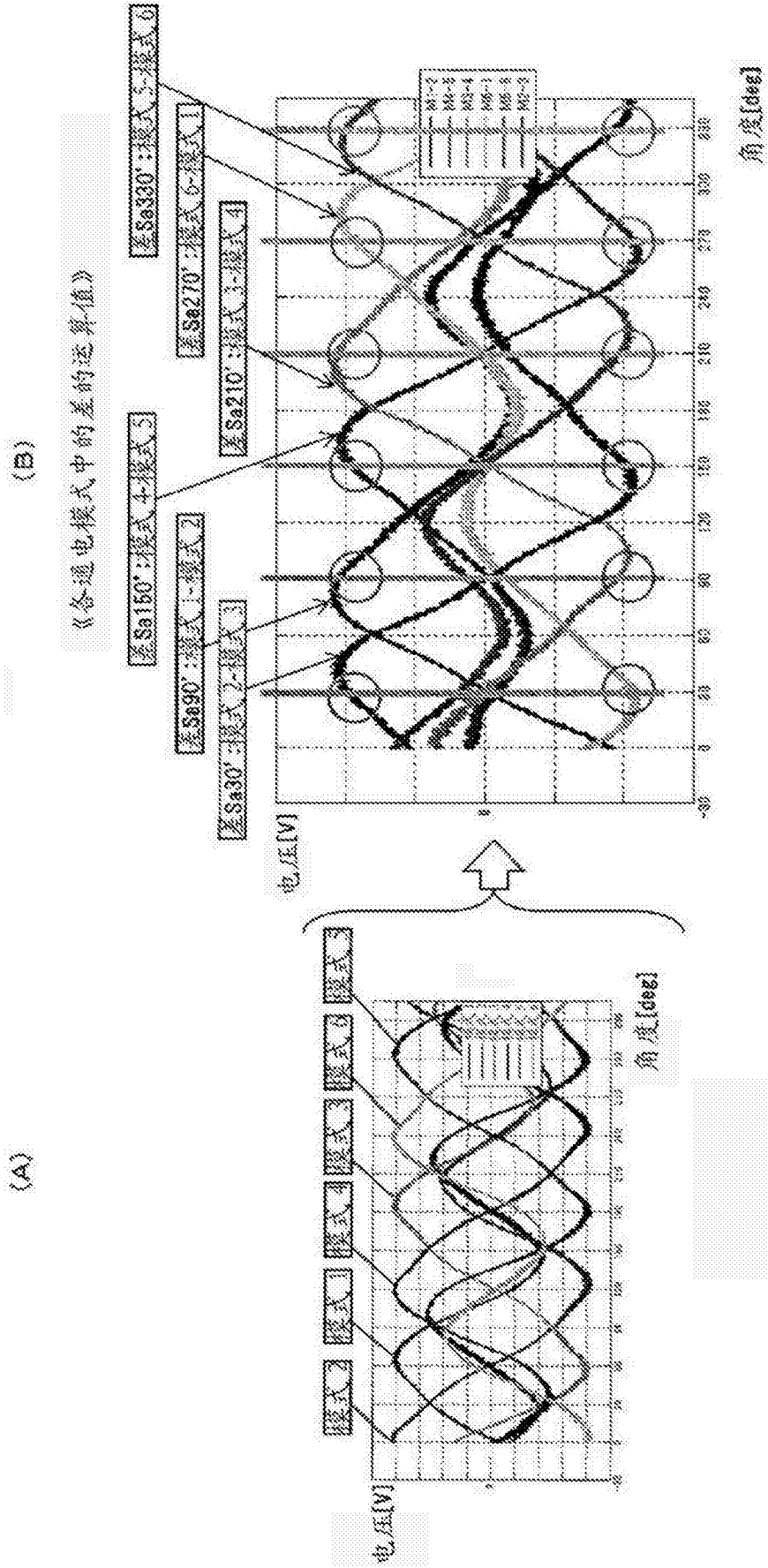


图26